

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Studium současných povrchových úprav
nástrojů pro obrábění**

**Study of Contemporary Surface Adjustments Tools for
Cutting**

Student:

Veronika Budišová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Veronika Budišová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Studium současných povrchových úprav nástrojů pro obrábění
Study of Contemporary Surface Adjustments Tools for Cutting

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte současný stav povrchových úprav nástrojů pro obrábění.
2. Navrhněte vhodnou úpravu povrchu nástrojů pro zvýšení jejich životnosti.
3. Stanovte vlastnosti povlaku.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:


MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
PODJUKLOVÁ, J.: *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 1994. 1. vydání. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.
BURAKOWSKI, T., WIERZCHOŃ, T.: *Surface Engineering of Materials*. CRC Press LLC, 1999. 592 s. ISBN 0-8493-8225-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Tato práce byla vypracována se souhlasem vedení společnosti Roltechnik a.s. v Červené Vodě

V Ostravě: 21.5.2012

Budišová
.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanský a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2012

Budišová

podpis studenta

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Karla Čapka 541

Králíky

561 69

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Budišová, V. *Studium současných povrchových úprav nástrojů pro obrábění : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2012, 73 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Podjuklová, J., CSc.

Bakalářská práce se zabývá studiem současných povrchových úprav nástrojů pro obrábění v podmínkách firmy Roltechnik a.s. sídlící v Červené Vodě. V úvodu je uvedena historie a současný stav této firmy. Další část práce se zabývá technologií povrchových úprav, povlaky řezných nástrojů, jejich rozdělením a vlastnostmi těchto povlaků. Experimentální část této bakalářské práce se zabývá vlastnostmi břitových destiček s povlaky AlTiN a TiN, které byly vytvořeny metodou PVD (Physical Vapour Deposition). Na břitových destičkách s těmito povlaky byly provedeny zkoušky: měření drsnosti, zkouška fázového rozhraní, chemický rozbor povlaků břitových destiček, struktura povrchu břitových destiček a zkouška korozní odolnosti. Závěr bylo provedeno vyhodnocení této práce.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Budišová, V. *Study of Contemporary Surface Adjustments Tools for Cutting: Bachelor work*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2012, 73 s. Thesis head: doc. Ing. Podjuklová, J., CSc.

This bachelor thesis deals with research of current surface treatment applied on machining tools used by company Roltechnik Ltd. located in Červená Voda city. Introduction part includes history and current situation in this company. Following part of thesis is mentioning technology of surface treatment, cutting tools coating, theirs division and properties. Experimental part of bachelor thesis includes properties of cutting tips, on which coating of AlTiN and TiN was done by PVD method. Several different tests were conducted on those cutting tips: roughness measurement, tests of phase interface, chemical analysis of cutting tips coatings, cutting tips surface structure and corrosive robustness test. Evaluation of entire thesis was done in conclusion.

Obsah

	strana
Seznam použitých symbolů a zkratek.....	8
0 Úvod.....	10
1 Charakteristika podniku.....	11
1.1 O společnosti.....	11
2 Technologie povrchových úprav.....	12
3 Rozdělení povlaků.....	12
3.1 Rozdělení povlaků do generací.....	12
4 Úpravy před nanášením tenké vrstvy.....	16
4.1 Výběr materiálu nástroje.....	16
4.2 Technologie výroby nástroje.....	16
4.3 Další úpravy před a po povlakování.....	17
4.3.1 Čištění a předběžné úpravy.....	17
4.3.2 Mechanické úpravy povrchu.....	18
4.3.3 Chemické úpravy povrchu.....	20
5 Povlaky řezných nástrojů	21
5.1 Moderní PVD povlaky pro řezné aplikace.....	21
5.1.1 PVD technologie nízkonapětového oblouku.....	22
5.2 Vakuové napařování.....	23
5.3 Vakuové naprašování.....	24
5.4 Iontové plátování.....	25

6 Vlastnosti povlaku.....	26
6.1 Tvrdost povlaku.....	26
6.2 Tloušťka povlaku.....	26
6.3 Drsnost povlaku.....	28
6.4 Adheze.....	29
6.5 Kluzné vlastnosti.....	31
6.6 Doplnkové diagnostické metody.....	32
6.7 Chemické vlastnosti.....	34
6.7.1 Odolnost vůči oxidaci.....	34
6.7.2 Chemická stabilita.....	34
6.7.3 Tepelná stabilita.....	34
7 Metodika experimentální práce.....	36
7.1 Břitová destička s povlakem TiN.....	36
7.2 Břitová destička s povlakem AlTiN.....	38
7.3 Měření drsnosti povlaků TiN a AlTiN.....	40
7.3.1 Měření drsnosti na břitové destičce s povlakem TiN.....	41
7.3.2 Měření drsnosti na břitové destičce s povlakem AlTiN.....	42
7.4 Zkouška fázového rozhraní.....	44
7.4.1 Fázové rozhraní povlaku AlTiN.....	44
7.4.2 Fázové rozhraní povlaku TiN.....	46
7.5 Chemický rozbor a struktura povrchu destiček.....	48
7.5.1 Chemický rozbor povlaku AlTiN.....	49
7.5.2 Chemický rozbor povlaku TiN	50
7.5.3 Struktura povrchu břitové destičky s povlakem AlTiN....	51
7.5.4 Struktura povrchu břitové destičky s povlakem TiN.....	53
7.6 Zkouška korozní odolnosti.....	55
7.6.1 Břitová destička s povlakem AlTiN v korozní komoře.....	57
7.6.2 Břitová destička s povlakem TiN v korozní komoře.....	62
8 Závěr.....	67
Seznam použité literatury.....	69

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

ZNAČKA	VÝKLAD	JEDNOTKA
AMF	Atomic Force Mikroskopy (mikroskopie atomových sil)	[-]
CVD	chemical vapour deposition (chemická metoda deponování)	[-]
DLC	diamond like carbon = uhlík podobný diamantu	[-]
HSS	rychlořezná ocel	[-]
PVD	physical vapour depositin (fyzikální metoda deponování)	[-]
Ra	průměrná aritmetická úchylka profilu drsnosti	[μm]
Rku	Špičatost posuzovaného povrchu	[-]
Rp	největší výška výstupku profilu	[μm]
Rsk	šíkmost posuzovaného profilu	[-]
Rq	průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu	[μm]
Rv	největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rz	největší výška profilu	[μm]
TEM	transmisní elektronová mikroskopie	[-]
SEM	skenovací elektronový mikroskopie	[-]

SK	slinuté karbidy	[-]
λ_c	filtr profilu definující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitostí	[mm]

0 Úvod

Ve strojírenské technologii hrají povrchové úpravy podstatnou roli v zabránění vzniku koroze výrobku, pomáhají prodloužit životnost, spolehlivost a zlepšit mechanické vlastnosti. Ochrana, kterou povrchové úpravy poskytují, ovlivňuje nejen funkčnost ale i vzhled součástí. Povrchové úpravy se významně podílejí na výsledné jakosti. Pro zvolení vhodného povlaku je nutné přesně vymezit všechna technická, ekonomická ale také i ekologická kritéria a faktory charakterizující daný problém. Nevyhovující povrchová ochrana může zapříčinit znehodnocení technického zařízení. Vhodně zvolená povrchová úprava může pomoci k efektivnější a rychlejší výrobě součástí.

Povrchová úprava (dále jen povlakování) se provádí hlavně z důvodu toho, aby se zlepšily vlastnosti materiálu. Povlakování výrazně zlepšuje řezné vlastnosti daného materiálu, například tvrdost nebo houževnatost. Povlak dokáže zajistit výrazně delší životnost a výkonnost. Před konečnou úpravou tedy nanesení povlaku předchází úpravy. Mohou to být úpravy mechanické nebo chemické. Po těchto předúpravách následuje oplach a osušení. Špatný oplach (zbytky nečistot) mohou vést ke špatné přilnavosti povlaku na povrch substrátu a tím snížit životnost. Špatné osušení může zapříčinit vznik korozního napadení, které by začalo vznikat mezi povlakem a materiálem dříve než je očekávané. Proto se musí především dbát na předúpravu břitové destičky před povlakováním. V dnešní době se povlakování provádí hlavně pomocí metody PVD (Physical vapour Deposition), která umožňuje nanesení povlaku beze změny tloušťky i do míst, která jsou trochu zkosená nebo pod rádiusem. Do otvorů je povlak také nanesen, ale není zaručeno, že tloušťka povlaku bude stejná jako na přístupnějších místech.

Cílem bakalářské práce je prostudovat vlastnosti současných povlaků na vyměnitelných břitových destičkách. Na referenčních vzorcích s povlakem AlTiN a TiN bude provedeno měření drsnosti povrchu, zkouška fázového rozhraní, chemický rozbor povlaků, struktura povrchu břitových destiček a zkouška korozní odolnosti pomocí solné mlhy. Úkolem je provést analýzu a na základě provedených zkoušek zhodnotit vlastnosti daných povlaků. V závěru této práce je provedeno zhodnocení.

1 Charakteristika podniku

Tato bakalářská práce je vypracovaná ve firmě Roltechnik a.s. Červená Voda, ústředí firmy a prodejní sklady jsou v Třebořově. Výrobní závod je v Červené Vodě, kde mi je umožněno být každým rokem na studentské brigádě. Firma je více než 25 let dodavatelem vybavení pro koupelny po celé Evropě.

1. 1 O společnosti

Společnost Roltechnik byla založena roku 1991 a patří v regionu Východní Evropy k prvním výrobcům a distributorům sprchových koutů, akrylátových van, vaniček a hydromasážních zařízení. V současnosti společnost vlastní dva výrobní závody v Třebořově a Červené Vodě s výrobními a skladovými prostory o celkové rozloze 16.000 m². Již od prvních počátků své činnosti slavilo precizní zpracování jejich výrobků úspěch nejenom v ČR, ale i na nejnáročnějších trzích jako jsou Německo, Rakousko, Švýcarsko atd. V současné době působí aktivně společnost ROLTECHNIK na trzích více než 20 evropských zemí. Vysoký tržní podíl společně s filozofií pokrýt celé spektrum potřeb zákazníků vyústil v segmentaci jednotlivých značek společnosti. Dnes nabízí své výrobky pod třemi ucelenými značkami - Sanipro, Roltechnik a Extreme Wellness. V sortimentu firmy lze najít řešení pro každou koupelnu, požadavky zákazníků lze navíc řešit i netypizovanými výrobky na míru. Při vývoji a výrobě jejich výrobků je samozřejmostí ohleduplnost k životnímu prostředí. Velký důraz je kladen na uplatňování moderních systémů řízení kvality. Společnost Roltechnik je držitelem certifikátů kvality a environmentálního managementu podle mezinárodních norem. [2]



Obr.1 Sídlo firmy Třebořov [2]



Obr.2 Výrobní závod Červená Voda [2]

2 Technologie povrchových úprav

Vytváření povlaků na základním materiálu patří k nejčastěji užívaným prostředkům protikorozi ochrany jakož i prostředkům, které mění povrchové vlastnosti výrobků i jeho vzhled. Nároky strojírenské výroby na povrchovou úpravu a protikorozi ochranu jsou velmi rozsáhlé a různorodé. Pro jejich splnění se především používají pasivní ochrany vytvářením povlaků (jeden typ materiálu v jedné nebo několika vrstvách). Optimální povlak je takový, který zabezpečuje požadované vlastnosti strojírenských výrobků s minimálními finančními náklady na jeho vytvoření a udržování. [3]

Povrchové úpravy materiálů jsou technologické procesy, jimiž dosahujeme zlepšení vlastností povrchu za účelem zvýšení odolnosti proti korozi, zlepšení funkčních vlastností (např. zvýšení odolnosti proti opotřebení, zlepšení třecích vlastností, elektrických vlastností apod.)

Povrchovými úpravami dosahujeme : [3]

- změnu mikrogeometrie povrchu, změnu struktury povrchových vrstev
- umělé vytvoření nových povrchových vrstev, které mají odlišné chemické složení, fyzikální vlastnosti

3 Rozdělení povlaků

3.1 Podle generací

1. generace

Tento stupeň povlakování zahrnuje jednovrstvý povlak, zejména se jedná o TiC, který dosahuje tloušťky zhruba 6 μm . Tento typ povlaku vykazoval špatnou adhezi tenké vrstvy k podkladovému materiálu. [4]

2. generace

V této generaci se také vyskytují jednovrstvé tenké povlaky, můžeme mezi ně zahrnout převážně TiC, TiN, TiCN. V této generaci bylo dosaženo zamezení tvorby eta - fáze mezi přechodem povlak-substrát. Toto zdokonalení umožnilo vytvářet vrstvy o větší tloušťce, která se pohybovala kolem 10 μm . Nehrozilo zde odlupování povlaků při funkci nástroje. [4]

3. generace

Do tohoto stupně patří vícevrstvé povlaky, které mají dvě, tři a více tenkých vrstev s ostře ohraničenými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Vrstvy jsou nanášeny v pořadí v závislosti na jejich vlastnostech. Na místa nejbližší substrátu jsou nanášeny vrstvy, jež mají lepší adhezi, ale současně nižší odolnost proti opotřebení. Ve větších vzdálenostech od podkladu jsou pak vrstvy, které mají nižší přilnavost k substrátu, avšak vyšší odolnost vůči opotřebení, tvrdost, nebo tepelnou stabilitu. Hlavními povlaky této generace jsou $\text{TiC-Al}_2\text{O}_3$, TiC-TiN , $\text{TiC-Al}_2\text{O}_3\text{-TiN}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrCN}$. Do této skupiny povlaků lze zahrnout i vrstvu, která je na bázi nitridů titanu a hliníku (TiAlN). [4]

4. generace

Jedná se o vícevrstvé povlaky, které se skládají z více než deseti vrstev a mezivrstev s méně, či více výraznými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Pro tyto vrstvy jsou použity stejné materiály jako ve 3. generaci. Mezi povlaky 4. generace se např. řadí: [4]

- **Diamantové povlaky**

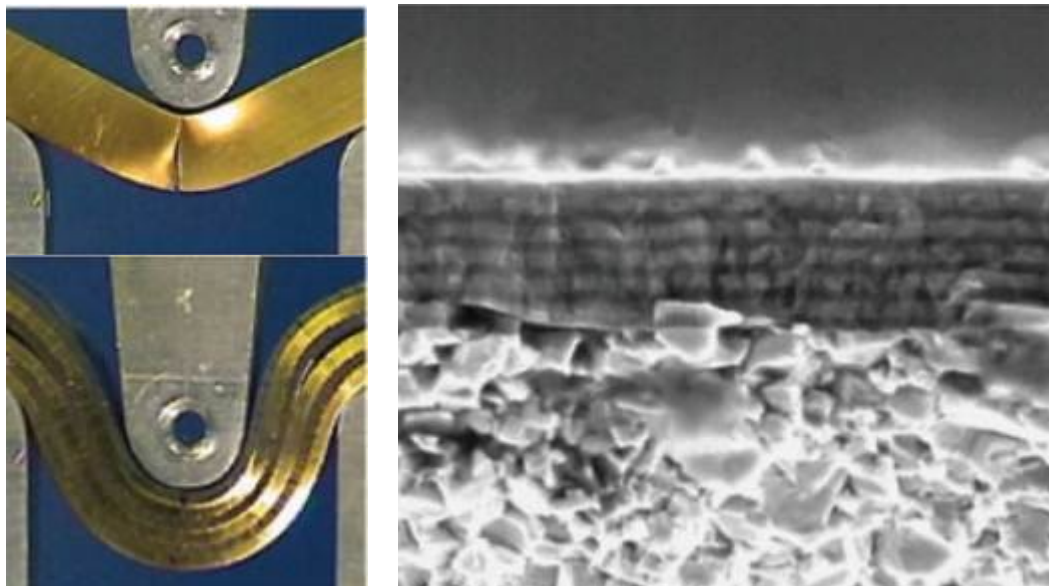
Jedná se o povlak z polykrystalického diamantu. Jeho výhodou je malý součinitel tření. Má vysokou tepelnou vodivost. Rychlost růstu vrstvy je cca $1\mu\text{m/h}$. Jeho nevýhodou je nízká houževnatost. [5]

- **Nanokompozitní povlaky**

Jde o nanokrystalický kompozit, který je tvořen minimálně dvěma složkami materiálu. Tyto složky nesmí být rozpustné ve vzájemném styku a přitom jedna z těchto složek je krystalická. Jemnozrnost má přínosný vliv na tvrdost. Tento materiál je termodynamicky stabilní, platí to i ze stránky zrnitosti, jelikož zrno neroste při teplotách nad $1000\text{ }^\circ\text{C}$. Hranice zrn slouží jako efektivní bariéra proti šíření poruch a zároveň má vliv na tvrdost povlaku. [6, 5]

- **Multivrstvy**

Použitím multivrstev se dosáhne větších tloušťek než u monovrstev. Dochází ke zvýšení odolnosti vůči šíření trhliny, viz obr.3. [7]



a)

b)

Obr.3 a) Multivrstvý povlak, b) Fázové rozhraní multivrstvého povlaku [7]

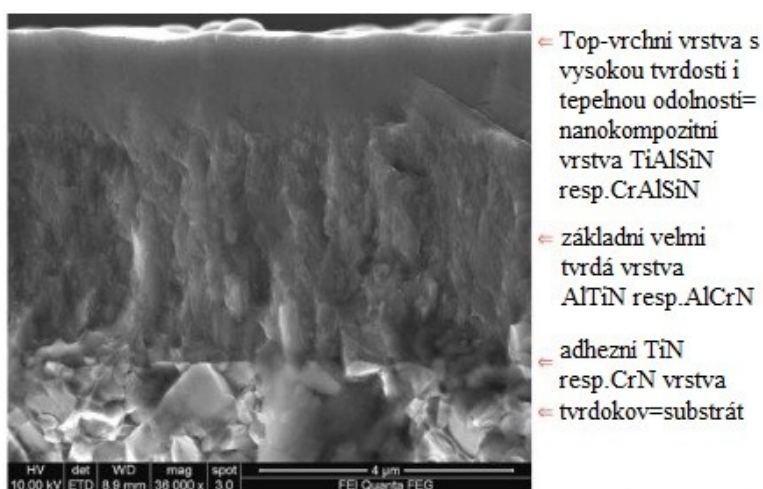
- **Kluzné vrstvy**

Jsou specifické tím, že mají nižší tvrdost než běžné otěruvzdorné vrstvy. Mají za zásadní úkol tvořit kluzný povrch. Do této skupiny patří tzv. „měkké“ vrstvy, které se aplikují jen v kombinaci s tvrdými vrstvami na bázi TiN, TiAlN nebo TiCN a vrstvy DLC (diamond like carbon = uhlík podobný diamantu), které vhodně kombinují vynikající kluzné vlastnosti s dobrou tvrdostí. Mají společný nízký koeficient tření a snížená odolnost vůči tepelnému zatížení a tvrdost kolem 20 GPa. V řezných aplikacích mohou vhodně doplňovat tvrdou podkladovou vrstvu. [7]

- **TripleCoatings**

Označení pro specifickou strukturu PVD povlaků, kombinující výbornou adhezní vrstvičku, základní houževnatou a tvrdou vrstvu a vrchní velmi tvrdou a tepelně odolnou vrstvu tvořenou nanokompozitem. [16]

Jedná se o novou generaci povlaků, které jsou nanášeny metodou PVD. Je to kombinace vrstev (TiN, CrN, TiAlN, AlTiN) a nanokompozitních vrstev (nc-TiAlN/a-SiN, nc-AlCrN/a-SiN, nc-AlTiCrN/a-SiN). Tyto povlaky přináší universální řešení a k tomu skvělé výsledky v oblasti výkonného obrábění. [8]



Obr.4 SEM TripleCoating (SEM analýza – skenovací elektronová mikroskopie)[16]

4 Úpravy před nanášením tenké vrstvy

Před započítím nanášení tenké vrstvy, se musí na počátku provést povrchové úpravy, nebo čištění. Celý proces nedepoziční přípravy popisuje výrobní cyklus, který se skládá z těchto postupů: [20]

- 1) Výběr materiálu nástroje
- 2) Technologie výroby nástroje
- 3) Další úpravy před a po povlakováním

4.1 Výběr materiálu nástroje

Výběr materiálu nástroje má zásadní význam pro rozhodnutí, jaké úpravy před povlakováním budou použity a jaká PVD technologie se zvolí. Podstatný rozdíl je především při volbě nástrojů z HSS (High Speed Steel - rychlořezná ocel) nebo SK (slinutý karbid). Rozdíly jsou v odolnosti zmíněných materiálů vůči vysokým teplotám, vůči chemickým procesům a vůči abrazivnímu otěru. [10] Proto se volí jiné chemické metody v případě stahování starých povlaků, v mokřém čištění se volí jiné metody mechanických úprav před povlakováním – kartáčování, omílání apod. také volí se jiné povlakovací teploty – u HSS do 450 °C, u SK do 600 °C. Sortiment např. SK materiálů je dnes velmi široký a vlastnosti jednotlivých typů SK jsou velmi rozdílné. I tomuto faktoru se musí přizpůsobit technologie chemických úprav nástrojů a případně i fáze iontového čištění nástroje již ve fázi cyklu povlakování. [15]

4.2 Technologie výroby nástroje

Jedním z důležitých výrobních kroků nástroje je proces broušení funkčních ploch nástroje. Do této technologie lze zahrnout stroj, brusný nástroj a chladicí tekutinu, dále způsob jakým budeme obrobek broušen. Tyto všechny faktory ovlivňují následující operaci depozice tenké vrstvy, ale současně jakost nástroje, bez vlivu povlakování. Z pohledu vazby na následné nanášení vrstvy na nástroj lze se zmínit o kvalitě broušeného břitu, o kvalitě broušených ploch a o historii všech povrchových působení, které působili při výrobě. Tím je myšlen například vliv procesní kapaliny, obrusů, eventuálně následné konzervace.

Z praktického hlediska znalost ohledně historie nástroje“ je malá, proto se musí vybírat následující proces čištění universálně. Jsou zde obzvlášť kladeny vysoké nároky

na mokré čištění. Kvalita břitů a broušených ploch je z pohledu povlakování velmi důležitá pro dobrou adhezi vrstvy. Pokud vykazuje břit na povrchu ostré nerovnosti, dochází na nich k odlupování vrstev. Tento negativní jev lze eliminovat mechanickou úpravou břitů a povrchů. U HSS materiálů jde o prakticky běžné odjehlení, u SK materiálů lze hovořit o „rektifikaci“ břitů. Některá abraziva však mají velmi negativní vliv na následnou adhezi povlaků. Některé nosiče, jako např. plasty, ulpívají v mikroskopických částech na nástroji a nelze je následnými běžnými čistícími metodami odstranit. Proto i vhodná volba abrazivního média a jeho nosiče jsou z pohledu deponování vrstvy zásadní. [4]

4.3 Další úpravy před a po povlakování

Podle účelu dělíme povrchové úpravy: [3]

- čištění a předběžné úpravy
- povrchové úpravy zvyšující odolnost proti korozi
- povrchové úpravy zajišťující požadovaný vzhled výrobku
- povrchové úpravy pro dosažení specifických funkčních vlastností povrchu

4.3.1 Čištění a předběžné úpravy

Povrch kovů je znečištěn jednak látkami vázanými k povrchu mechanicky (mastnoty, zbytky past, mazadel, prach apod.) a jednak látkami vázanými chemicky (oxidy, rez, okuje apod.). Před aplikací povrchových úprav je nutno povrch kovu těchto nečistot zbavit a vytvořit kovově čistý povrch. Mechanicky vázané nečistoty odstraňujeme odmašťováním, chemicky vázané nečistoty obvykle mořením, nebo mechanickými úpravami (otryskávání, broušení, omílání). [3]

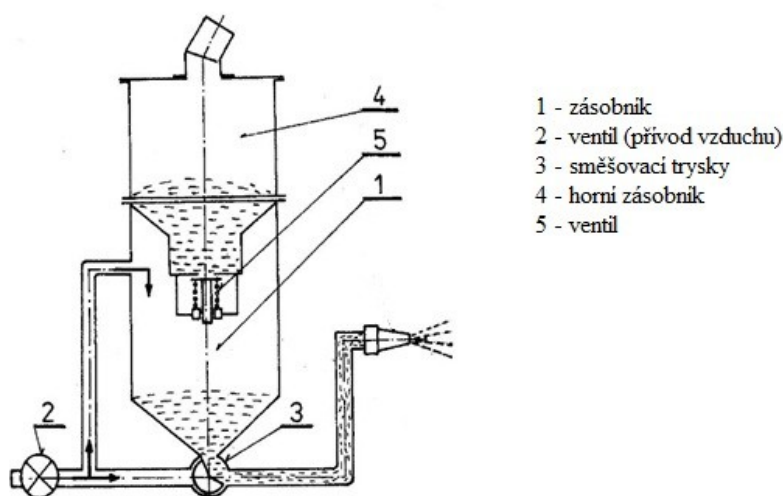
4.3.2 Mechanické úpravy povrchu

Předběžnými mechanickými úpravami povrchu nedodáváme předmětu přesný, výkresem stanovený tvar a rozměr (jako u třískového obrábění), ale vytváříme určitou požadovanou jakost a kvalitu povrchu (obvykle hodnocenou drsností). Účelem mechanických úprav je především: [1]

- očistit povrch od nečistot
- zajistit podmínky pro vyhovující přilnavost následujících vrstev
- vytvořit podmínky pro zvýšení odolnosti proti korozi a opotřebení
- vytvořit povrch odpovídající vzhledovým požadavkům
- zlepšit mechanické vlastnosti povrchu

Mezi mechanické úpravy patří: [1]

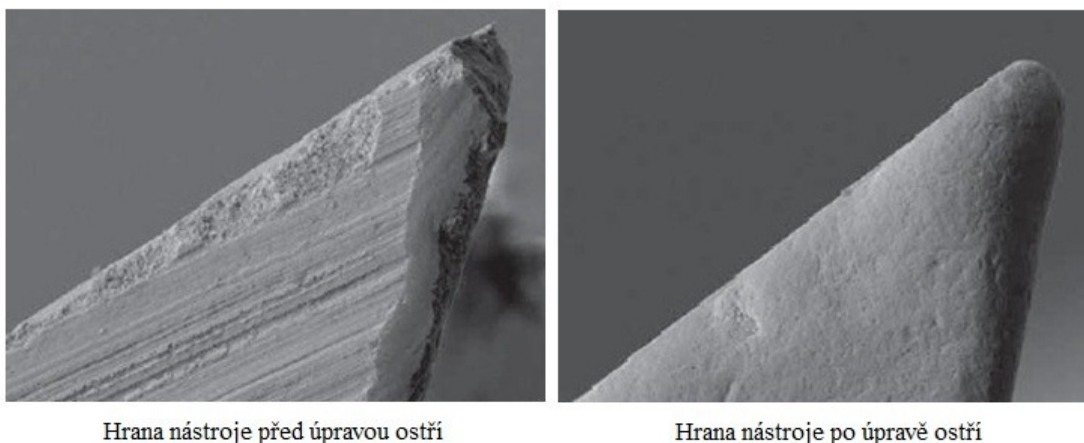
- otryskávání
 - omílání
 - broušení, leštění, kartáčování
- **Otryskávání** je způsob mechanické úpravy kovového povrchu, při kterém se tryskáci materiál vrhá velikou rychlostí proti povrchu součásti. Je to způsob mechanického opracování povrchu substrátu, u kterého tryskáci prostředek jako nástroj vyvolává při dopadu v jeho povrchových vrstvách kvalitativní přeměny. Z hlediska uspořádání nerovností patří otryskaný povrch do skupiny neorientovaných – izotropních povrchů, jejichž charakter je dán zejména tvarem použitého zrna tryskácího prostředku. [3]



Obr.5 Schéma tlakového tryskače [3]

Princip tlakového tryskače – Tlakový vzduch se přivádí přes ventil 2 do zásobníku 1 a směšovací trysky 3. Po vyprázdnění spodního zásobníku se uzavře ventil 2 poklesem tlaku v komoře 1 a hmotností tryskacího materiálu se otevře ventil 5 a materiál se přesype do spodní části zásobníku. Po otevření ventilu 2 a uzavření směšovací trysky stoupne tlak v komoře 1 a uzavře se ventil 5. [3]

- **Omílání** je způsob mechanické úpravy povrchu malých předmětů, spočívající ve vzájemném odírání předmětů, omílajících těles, brusiva a kapaliny v otáčejícím se bubnu nebo zvonu. Omílání je vhodné především pro menší předměty oblých tvarů do váhy asi 1 kg. Větší předměty je možné rovněž omílat, ale je nutné upevnit do přípravku v omílacím zařízení. [3]



Obr.6 Porovnání ostří před a po úpravě [21]

- **Broušení, leštění, kartáčování** - tyto mechanické úpravy povrchu se velmi často používají jako úpravy před vytvářením povlaku nebo i jako konečné úpravy. Broušením se obvykle připravuje základní povrch pro kartáčování a leštění. Leštěním se upravuje základní povrch a také povlak. Mezi broušením a leštěním lze velmi těžko stanovit přesnou hranici. V povrchových úpravách má broušení a leštění poněkud jiný charakter než při přesném obrábění broušením.

Pro broušení se používají jako pracovní buď kotouče nebo pásy, které mají nalepené brusné částice. Leštění – provádí se jako leštění základního materiálu, kterým se docílí konečné požadované jakosti povrchu, byla-li předchozí úprava broušením správná. Kartáčování – používá se k odstranění hrubých nečistot, např. rzi, starých nátěrů apod. zjemnění upravovaného povrchu před leštěním a pro dosažení stejnoměrného vzhledu. [3]

4.3.3 Chemické úpravy povrchu

Chemické úpravy povrchu zahrnují způsoby úpravy, při kterých reagují chemická činidla s nečistotami na povrchu materiálu. Patří zde odmašťování, moření, leštění. Těmito operacemi se obvykle připravuje povrch pro různé povlaky. Požadovaná čistota základního povrchu je závislá na druhu povlaku. [3]

- **Odmašťování** slouží k odstranění konzervačních a jiných mastných látek z povrchů nástrojů, provádí se klasicky pomocí benzínu a petroleje. Dnes jsou tyto neekologické a nehygienické látky nahrazeny průmyslovými odmašťovacími prostředky opět na bázi ropných derivátů, ale s vlastnostmi odpovídající přísným ekologickým normám. Odmašťovací prostředky obsahují dearomatizované uhlovodíky a tenzidy bránící nadměrnému odpařování a zajišťujícími dobrou smáčivost. Odmaštění se provádí v běžně dostupných jednoduchých odmašťovacích zařízeních podle kapacitních potřeb či velikosti nástrojů. [15]
- **Moření** je proces, kterým odstraňujeme oxidační nečistoty (rzi, okuje). Kyseliny nebo louhy působící na oxidy nám zajistí, že se přemění na rozpustné soli, které potom z povrchu opláchneme. Mezi nejpoužívanější kyseliny patří kyselina sírová, solná a fosforečná. [3]

Po operaci čištění následuje oplachování, při kterém je nutno použít pasivátory, jehož cílem je chránit povrch proti korozi. V případě, kdy chceme provést povlakování, jsou nejlepší variantou pasivátory s krátkou dobou působení do dvou dnů. Ty se kombinují s oplachovými lázněmi, u kterých je nezbytné snížit obsah solí a jiných rozpuštěných látek, aby byl minimální. Tudíž je důležité užívat demineralizovanou vodu. Vodivost používaných demineralizovaných vod by se měla pohybovat v řádu desetin $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tímto způsobem zvolené prostředky, které mají za úkol krátkodobou ochranu, nesmí negativně působit na adhezi připravovaných vrstev. Pasivátory mohou obsahovat neionogenní tenzidy, organické soli a alkoholy. Aby se dosáhlo kvalitního povrchu, který nebude mít zbytkové mapy, je nutné rychle osušit smáčené povrchy. [9]

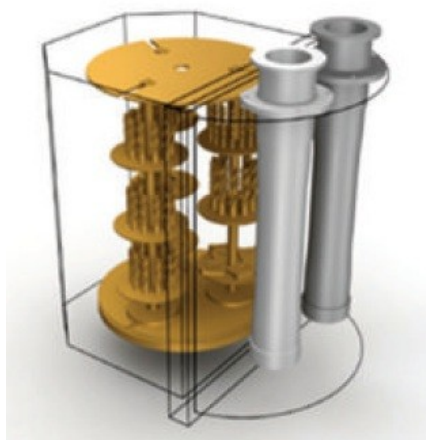
5 Povlaky řezných nástrojů

Pro povlakování vyměnitelných břitových destiček řezných a tvářecích nástrojů se používají dvě metody. Je to CVD (Chemical Vapour Deposition) a druhou je PVD (Physical Vapour Deposition). [14] Metody PVD můžeme rozdělit na vakuové napařování, vakuové napařování a iontové plátování. [10]

CVD využívá pro depozici směs chemicky reaktivních plynů (např. TiCl_3 , CH_4 , AlCl_3 , apod.), zahřátou na poměrně vysokou teplotu 900 – 1100 °C. PVD technologie je založena na fyzikálních principech – odpaření nebo odprášení materiálů obsažených v povlaku (Ti, Al, Si, Cr aj.), ionizací jejich následném nanesení na nástroje. [14]

5.1 Moderní PVD povlaky pro řezné aplikace

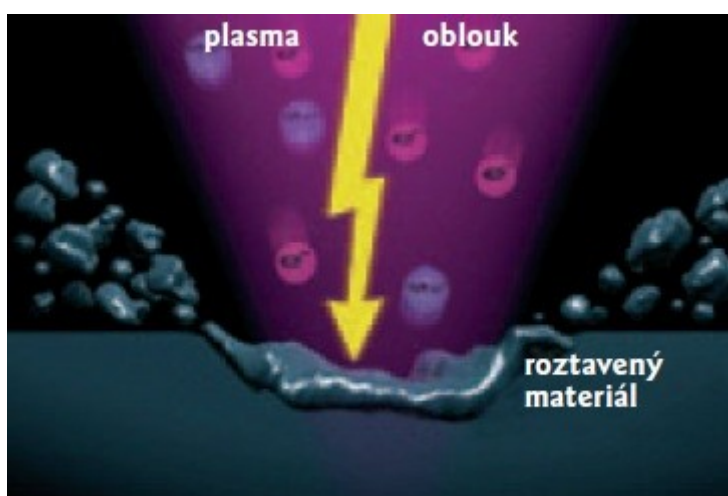
Díky vztahu mezi fyzikálně-chemickými vlastnostmi vrstev a jejich užitnými vlastnostmi lze pro různé skupiny vrstev nalézt typické či optimální oblasti aplikací. Není ale možné zjednodušeně srovnávat vlastnosti a aplikační oblasti, např. vrstev TiN a TiAlN nebo TiCN. Každá z těchto vrstev může být totiž připravena několika PVD technologiemi založenými na odlišných fyzikálních principech. Navíc i v rámci každé technologie může být mnoho rozdílů v závislosti na konstrukčním řešení povlakovacího zařízení nebo na nastavených parametrech svlakovacích procesů. To vše ovlivňuje celkovou kvalitu vrstev, jako je tvrdost, adheze k substrátu, drsnost, četnost poruch, tepelná odolnost, atd. Nové obloukové technologie využívající rotační elektrody, které snižují výslednou drsnost povlaku pod hranici $R_a 0,1\mu\text{m}$. [7]



Obr.7 Obloukové technologie s rotačními elektrodami [7]

5.1.1 PVD technologie nízkonapětového oblouku

Odpařování pomocí nízkonapětového oblouku patří v oblasti povlakování řezných nástrojů k metodám nejfrekventovanějším. Důvodů je několik. Nízkonapětový oblouk je výhodný pro svoji relativně vysokou rychlost odpařování materiálu elektrod a současnou vysokou ionizaci plazmatu. Díky tomu se obloukové technologie řadí k technologiím poměrně časově nenáročným. Délky procesů se pohybují v řádu několika málo hodin. Vysoká ionizace plazmatu zase přináší možnosti přípravy povlaků a struktur běžně se v přírodě nevyskytujících. Parametry nízkonapětového oblouku jsou velmi zajímavé, oblouk hoří na povrchu katody v místě katodové skvrny o průměru řádově 10 μm a dosahuje teploty okolo 15 000 °C. [14]



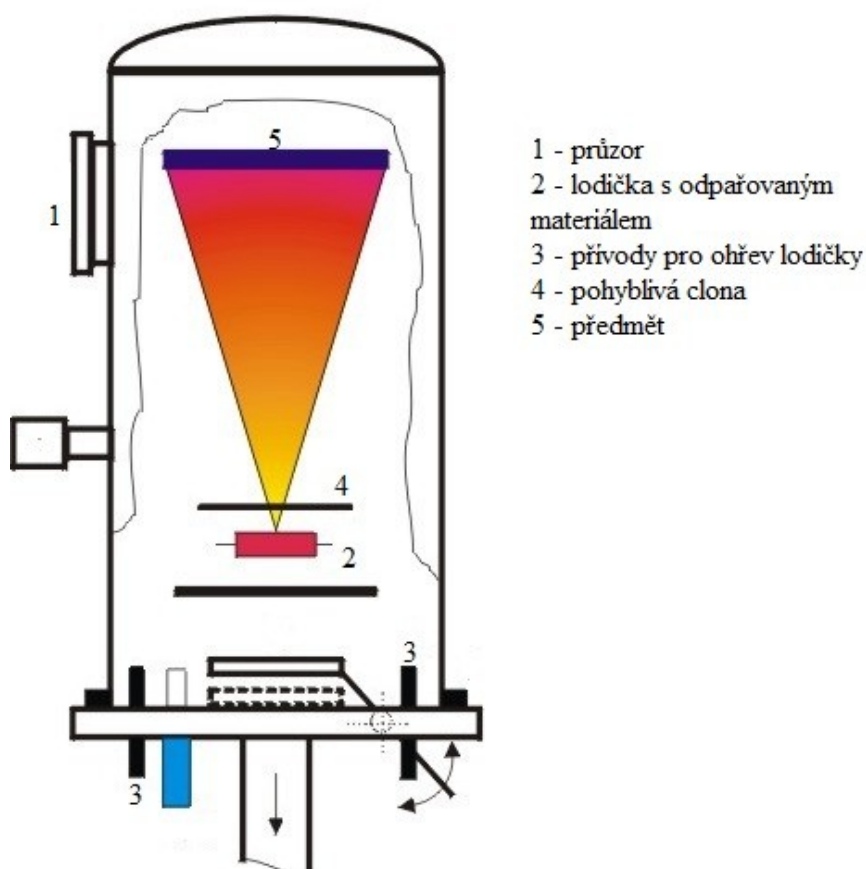
Obr.8 Schéma katodové skvrny [14]

Materiál je obloukem odpařován z elektrod a zároveň je jím i ionizován (atomy materiálu se mění z elektricky neutrálních na atomy s nábojem). [14]

5.2 Vakuové napařování (Evaporation)

Napařování vrstev probíhá při tlaku nižším než 10^{-2} Pa, aby nedocházelo k reakci odpařované látky se zbytky vzduchu. Je založeno na odpařování materiálu při jeho ohřevu ve vakuu a na kondenzaci par odpařovaného materiálu na substrát. Rychlost tvorby vrstvy závisí na rychlosti odpařování, tj. teplotě ohřevu odpařovaného materiálu.

Velkou výhodou metody PVD je, že tvorba povlaků probíhá za teplot 500 – 550°C i níže. Tyto teploty umožňují nanášet povlaky na oceli, tak i na neželezné kovy, sklo apod., bez ovlivnění jejich mechanických vlastností. [10]



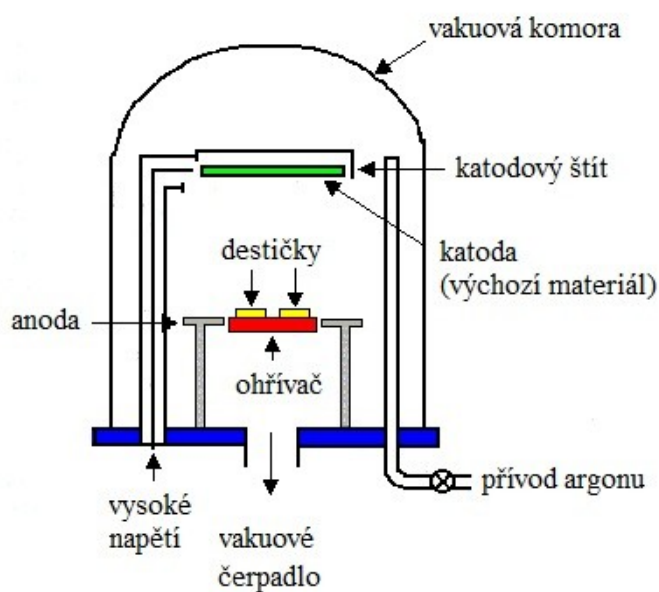
Obr.9 Schéma procesu vakuového napařování [22]

5.3 Vakuové naprašování (Sputtering)

Při vakuovém katodovém naprašování se do komory, kde je udržován tlak 10^{-2} Pa až 1 Pa přivádí inertní plyn, např. argon, který se ionizuje v doutnavém výboji. Pozitivní ionty bombardují povrch kovové katody, která se tímto rozprašuje a rozprašovaný kov se usazuje na povrchu předmětu, na kterém vzniká povlak.

Cílem u tohoto způsobu povlakování je zajistit dostatečnou ionizaci par kovů, reaktivního a inertního plynu a rovnoměrné rozdělení iontů v prostoru i na povrchu substrátu.

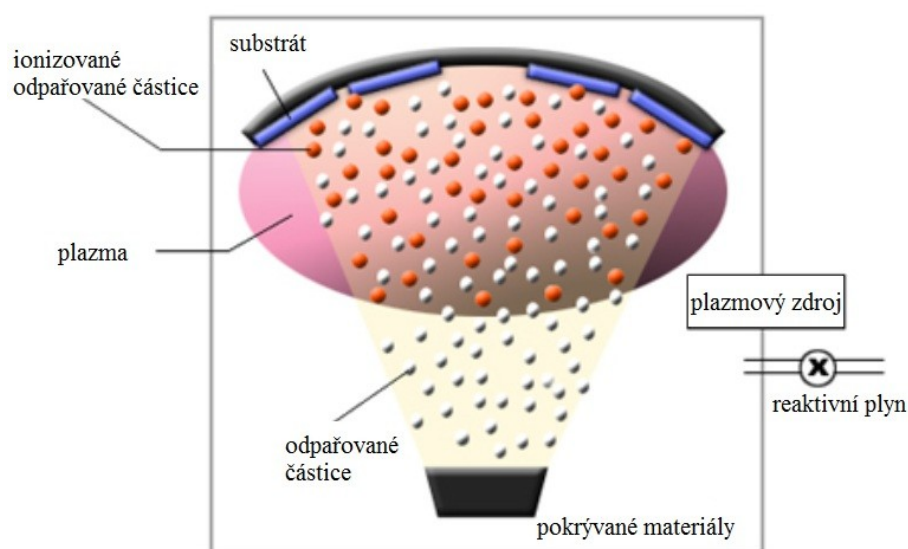
Nejčastěji se tak používají povlaky TiN, je možné však připravovat vícesložkové povlaky (karbonitridy, bornitridy) různých kovů i povlaky s proměnným obsahem prvků nebo sloučenin v amorfním stavu. Technologické parametry mají významný vliv, za rozhodující se pokládá teplota podložky, parciální tlak plynu a předpětí. Tloušťky povlaků se pohybují do $5\mu\text{m}$ až $7\mu\text{m}$. [10]



Obr. 10 Schéma vakuového naprašování [23]

5.4 Iontové plátování

Iontové plátování je plazmatem aktivovaný proces PVD, při kterém tok částic odpařených nebo odprášených z pevného terče získává vysokou energii. [11] Je to proces, který kombinuje napařování a naprašování. Vzniká zde silné elektrické pole mezi podkladem a odpařovacím zařízením. To způsobí elektrický výboj ionizující částice plynu a čistého kovu. Iontová reakce vytvoří tenkou vrstvu, která se usadí na povrchu, ale i pod povrchem podkladového materiálu. [12]



Obr. 11 Princip iontového plátování [24]

6 Vlastnosti povlaku

Mezi základní fyzikální vlastnosti vrstev patří tvrdost, tloušťka, drsnost, adheze a kluzné vlastnosti. Správně použitá PVD vrstva výrazně zvyšuje užité vlastnosti nástroje.

6.1 Tvrdost povlaku

Pro tenké vrstvy i ostatní materiály je tvrdost definována jako „odolnost proti pronikání cizích předmětů“. Běžný způsob opotřebení nástrojů je dán abrazivním otěrem. Proto je vysoká tvrdost základním parametrem otěruvzdorných vrstev. [13]

Tab.1 Tvrdosti nejběžnějších vrstev [13]

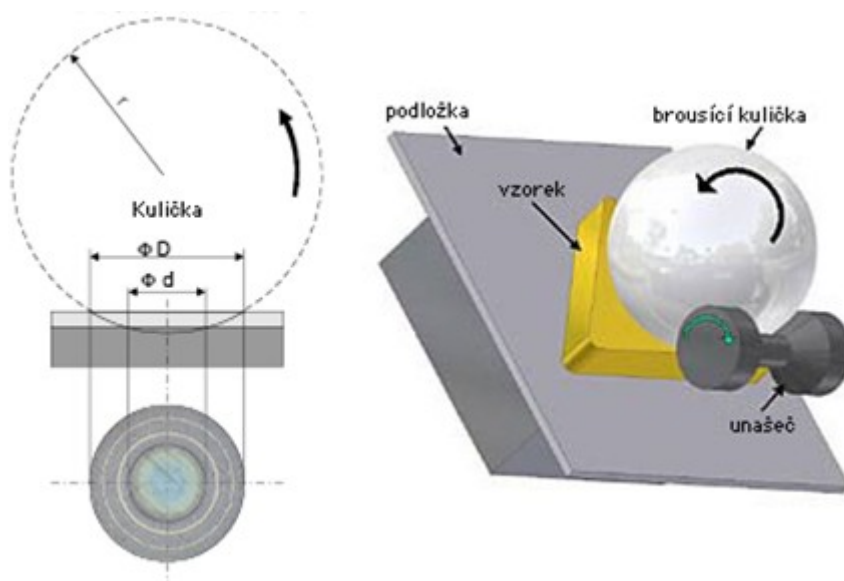
Vrstva	Tvrdost (GPa)
TiN	23
TiCN	30
CrN	17
TiAlN	33
DLC	25
TiAlSiN	45

Běžná tloušťka PVD vrstev je pouze několik mikrometrů. Při měření tvrdosti je potřebné zajistit, aby měřicí hrot (obvykle Vickers) proniknul maximálně do 1/10 tloušťky vrstvy. Zátěž při měření vrstev se proto volí v řádu desítek mN. Využívají se speciální přístroje – mikrotvrdoměry, které souběžně se zatěžováním hrotu měří hloubku jeho pronikání do vrstvy s přesností na jednotky nm. [13]

6.2 Tloušťka povlaku

Z hlediska praktické aplikace je volba tloušťky povlaku na břitech řezných nástrojů jednou z nejdůležitějších charakteristik. Ta může v konečném důsledku ovlivňovat jak trvanlivost nástroje, tak i řezné síly během obrábění. Zjednodušeně řečeno – tloušťka povlaku musí být opravdu „ušita na míru“ předpokládanému použití obráběcího nástroje. V současnosti neexistuje pro vyhodnocení přesná, jednoduchá a zároveň nedestruktivní metoda. Pro měření rovinných částí nástrojů se využívá tzv. kalotester.

Princip této metody spočívá v tom, že se do vzorku vybrousí kulový vrchlík, který se na průmětu jeví jako mezikružší, obvykle se používá otáčející se ocelová kulička o průměru 25 mm potřená brusnou diamantovou pastou. Mikroskopickým proměřením průmětu důlku lze získat příslušné rozměry umožňující vypočítat tloušťku posuzované vrstvy. Oblast použití je široká od 1 - 100 μm s přesností 2 - 4 %. [19] Toto měření je z důvodů vyšší přesnosti vhodné provádět na vyleštěných etalonech. [13]



Obr.12 Princip měření tloušťky - kalotest (pomocí rotující kuličky s diamantovou pastou dochází k proleštění nanesené vrstvy a části povrchu substrátu) [13]

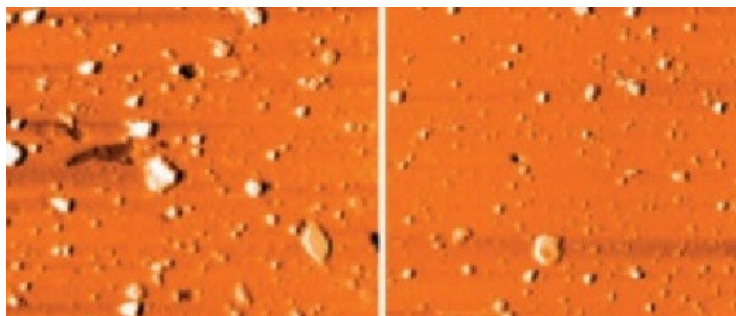


Obr.13 Vrstva povlaku proleštěná kalotestem [13]

6.3 Drsnost povlaku

Výsledná drsnost je ovlivněna jak kvalitou opracování nástroje, tak povlakem. Při měření drsnosti se neuvažují vady povrchu, tj. náhodné, ojediněle se vyskytující a nepravidelné nerovnosti (rysky, trhlinky, důlky apod.), které vznikají v důsledku vad materiálu, poškození aj. Zdrojem zvýšené drsnosti vrstev jsou makro částice, které vznikají během technologického procesu povlakování. Drsnost povlaku zvyšuje řezné síly, a tak dochází k tepelnému a mechanickému namáhání břitů nástrojů. Tento negativní jev se většina výrobců vrstev snaží minimalizovat úpravou technologie povlakování, popř. dodatečnou úpravou nástrojů po povlakování. Měření je vhodné provádět na vyleštěných substrátech s výchozí drsností R_a 0,01 – 0,02 μm běžným dílenským drsnoměrem. Existují i jiné metody vyhodnocování drsnosti povrchu a jeho charakteru např. pomocí AFM (Atomic Force Microscopy). [13]

Technologie AFM umožňuje zobrazovat a pracovat s atomy a molekulami za normálních „pokojevých“ podmínek. Zásadní výhodou oproti elektronovým mikroskopům je, že měřené vzorky nemusí být vodivé. S technologií AFM lze dosáhnout rozlišení až v řádu jednotek nanometrů. Základním principem je snímání povrchu miniaturním hrotem, který měří konkrétní vlastnosti povrchu. Vyhodnocovací jednotka (kontroler) pak měří signál z fotodetektoru polohy hrotu. Vylepšené úchyty snímacích hrotů (tzv. nose cone) urychlují a zjednodušují změny zobrazovacích režimů. [17]



Obr.14 Charakter povrchu měřený pomocí AFM [13]

Nanotechnologie -> AFM

AFM mikroskop Agilent 5500 je vrcholný víceúčelový výzkumný mikroskopický systém pro AFM/SPM. Systém je možné volitelně rozšířit o další příslušenství, jako jsou scannery pro malé i velké zobrazované plochy, adaptéry pro uchycení vzorků, soupravy pro elektrochemii, teplotní kontrolu nebo nanomanipulaci. Scanner může být použit pro všechny zobrazovací režimy díky jednoduché výměně úchytů měřicích hrotů. Otevřená horní část scanneru umožňuje volný optický přístup ke vzorku - mikroskop je vybaven videokamerou. Součástí základního systému je i komora pro kontrolu prostředí. [18]

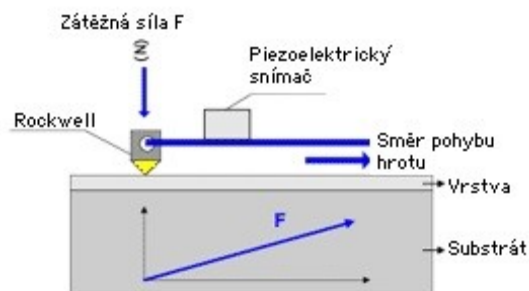


Obr.15 AFM mikroskop Agilent 5500 AFM/SPM - N9410S [18]

6.4 Adheze

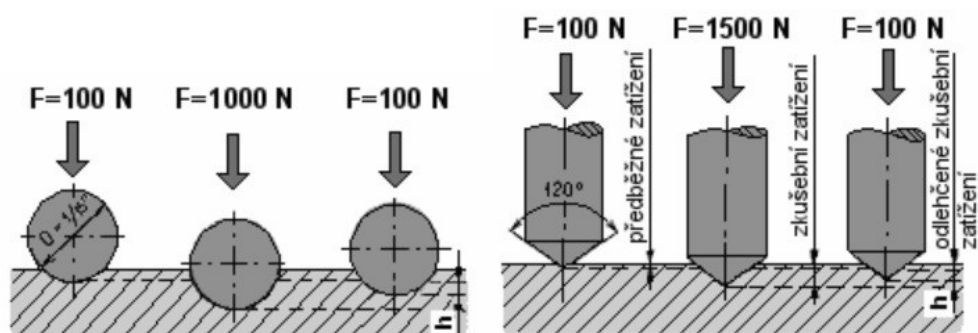
Jedná se vyhodnocování přilnavosti vrstvy k povlakovanému nástroji. Pro měření adheze se používají Scratch test a měření tvrdosti dle Rockwella.

Při vyhodnocování Scratch testu se využívá principu postupně se zvyšující zátěžné síly na diamantový Rockwellův hrot při současném posouvání špičky hrotu po měřené vrstvě. S ohledem na běžné velikosti přilnavosti se prakticky používá zátěžná síla v rozsahu 20 – 120 N. Při měření vrstvy je detekována akustická emise, která se mění, při odtržení vrstvy což koresponduje s určitou hodnotou v N. Tato kritická hodnota, při které dochází k odtržení vrstvy, se označuje jako adheze vrstvy. [25]



Obr.16 Princip měření adheze - Scratch tester [25]

Tvrdotost dle Rockwella (ČSN 42 0373) se zjišťuje na Rockwellově tvrdoměru jako rozdíl hloubky vtisku vnikajícího tělesa (ocelová kulička, diamantový kužel) mezi dvěma stupni zatížení (předběžného a celkového). Účelem předběžného zatížení je vyloučit z měřené hloubky nepřesnosti povrchových ploch. Kužel má vrcholový úhel 120° a poloměr kulové části 0,2 mm. Kulička má průměr 1,5875 mm. [26]



Obr.17 Schéma měření dle Rockwella [26]



a)



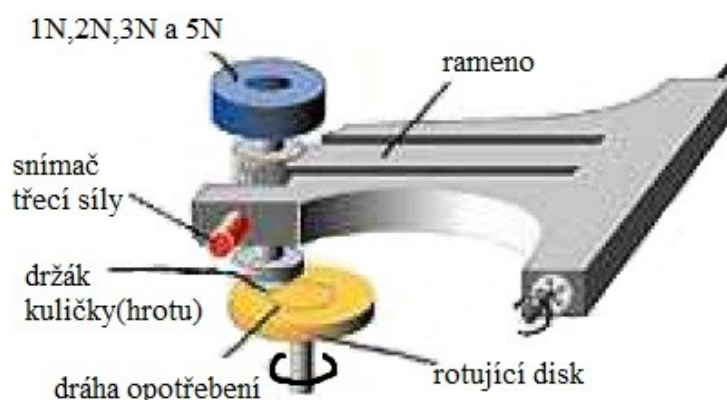
b)

Obr.18 a) Vtisk Rockwellova hrotu do vzorku, b) Vyhodnocení vtisku [25]

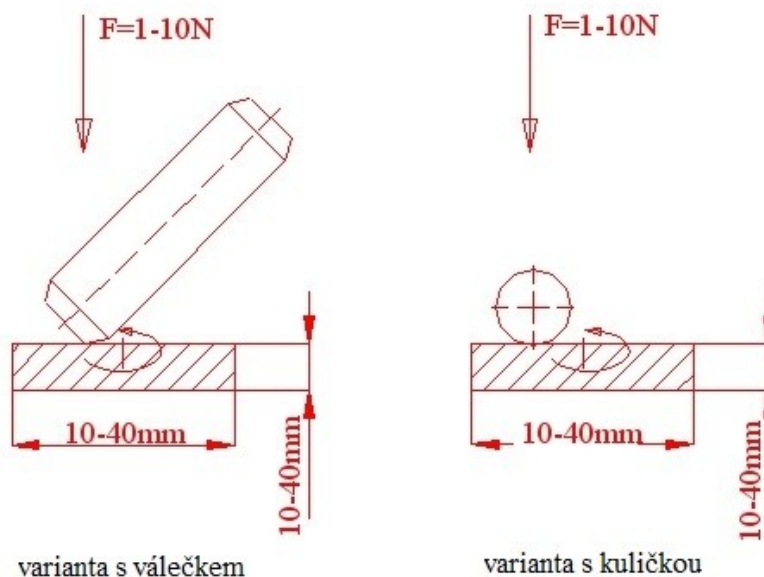
Princip měření na Rockwellově tvrdoměru, diamantový kužel nebo ocelovou kulička, dotýkající se povrchu zkoušeného předmětu, se nejprve předběžně zatíží silou 100 N (výchozí poloha pro měření hloubky vtisku). Poté se pozvolna zvětšuje zatěžovací síla tak, aby se za 3 až 6 sekund dosáhlo zatížení předepsané normou (např. předběžné zatížení silou 100 N + zkušební zatížení silou 1400 N = celkové zatížení silou 1500 N). Poté se zatěžující síla opět zmenšuje až na 100 N a v tomto stavu se zjistí přírůstek h hloubky vtisku, který nastal proti výchozí poloze při 100 N. Zkouška tvrdosti podle Rockwella je rychlá, snadná a vpichy (důlky) jsou velmi malé (max. hloubka 0,2 mm).[26]

6.5 Kluzné vlastnosti povlaku

Během obrábění dochází se stoupající teplotou ke zhoršování fyzikálně-chemických vlastností podkladového materiálu. Snížením frikčních sil, vlivem povlaku, se výrazně omezuje tepelné zatížení nástroje. Pro změření kluzných vlastností je používaným standardem v laboratoři tzv. pin-on-disk, resp. ball-on-disk. Testovaná vrstva je nanášena na zkušební vyleštěný vzorek a následně umístěna na otočný stolek. Hrot, resp. kulička definovanou silou tlačí na rotující vzorek s testovaným povlakem. Měří se otěr kuličky, frikční koeficient, otěr vrstvy, profil otěru apod. Při měření pin-on-diskem se používá zátěžné síly v řádu jednotek N, zatímco při řezných zkouškách jsou řezné síly o dva řády vyšší. Navíc teplota generovaná při běžných řezných podmínkách je o několik set stupňů vyšší než při testech pomocí pin-on-disku. Z toho vyplývá, že měření frikčních vlastností je laboratorní metodou, která má k praktické využitelnosti poměrně daleko. Může však sloužit jako metoda k porovnání různých typů vrstev a pro získání představy o jejich kluzných vlastnostech. [13]



Obr.19 Schéma tribometrického měření „ball (pin) on disc“ [27]



Obr.20 Schéma tribometrického měření s válečkem nebo kuličkou [27]

6.6 Doplnkové diagnostické metody

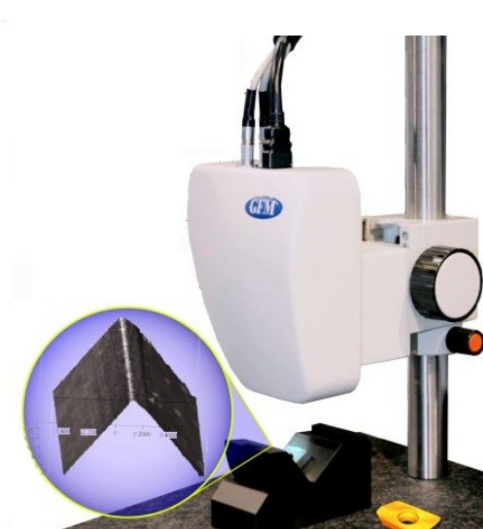
Tyto metody se používají k hodnocení povrchů povlaků. Mezi tyto diagnostické metody patří např. SEM analýza, EDX analýza.

SEM - řádkovací elektronová mikroskopie. Pomocí SEM je možné provádět velmi opatrně hodnocení povrchů povlaků, struktury vrstev na lomech nebo výbrusech a vyhodnocení geometrie břitů nástroje včetně způsobu opotřebení. Skenovací elektronový mikroskop TESCAN VEGA TS5130.[25]

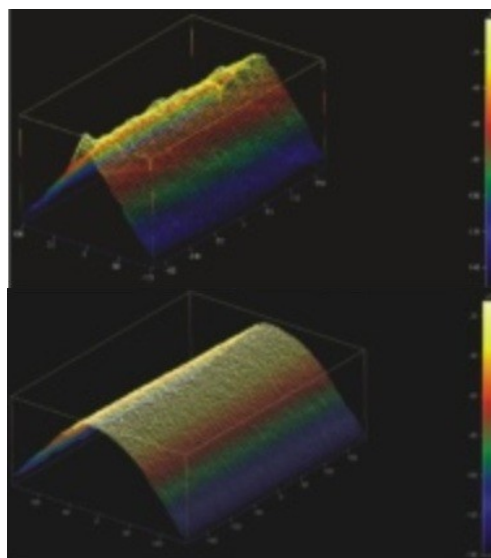


Obr.21 SEM přístroj a skenovací elektronový mikroskop TESCAN VEGA[25]

Elektronová mikroskopie a zároveň EDX mikroanalýza umožňuje zobrazit prvkové složení částic. Rastrovací elektronový mikroskop zužitkuje sekundární elektrony (SE) při pozorování vyšetřovaného povrchu. Jeho výhodou je velká hloubka ostrosti a trojrozměrný obraz. Podmínkou úspěšných a kvalitních výsledků, je čistota mikroskopu a dostatečné vakuum. Na preparát se kladou vysoké nároky, musí být suchý, vodivý, mechanicky pevný a stabilní, nesmí být poškozený, buď manipulací, nebo metodickým postupem a jeho povrch musí být opticky přístupný, tzn., na povrchu nesmí být nečistoty. [28]



a)



b)

Obr.22 a) Přístroj MikroCAD Lite, b) Zobrazení břitů řezného nástroje [25]

6.7 Chemické vlastnosti

Mezi chemické vlastnosti patří například odolnost vůči oxidaci, chemická a tepelná stabilita.

6.7.1 Odolnost vůči oxidaci

K opotřebení vrstvy dochází i oxidací. Je důležité rozlišovat, zda se jedná o oxidaci hloubkovou nebo povrchovou. Při povrchové oxidaci dochází k pasivaci povrchu, čímž se může vytvářet bariéra proti další oxidaci. Při hloubkové oxidaci dochází obvykle k destrukci vrstvy. Ta je provázena poklesem tvrdosti vrstvy, neboť se vytváří jiné typy mřížových vazeb. Každá PVD vrstva je charakterizována maximální teplotou použití, jejíž mez je dána právě odolností proti oxidaci.

K měření odolnosti vůči oxidaci se ve většině případů používá gravimetrická metoda, při které se hodnotí změna hmotnosti vrstvy v závislosti na teplotě účinkem vzdušného kyslíku.

6.7.2 Chemická stabilita

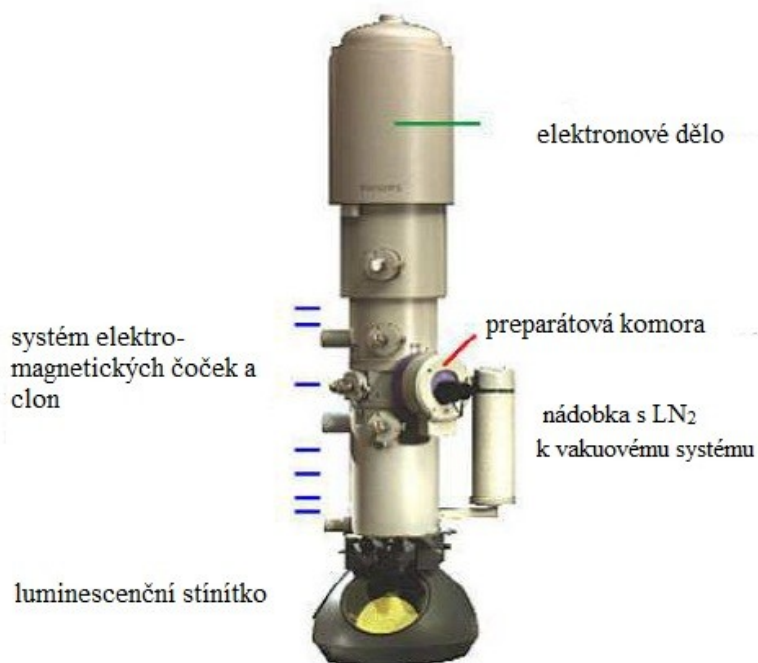
Popisuje odolnost vrstvy vůči chemické reakci s obráběným materiálem, zejména za vyšších teplot vznikajících během obrábění. Chemická stabilita vrstvy se může měnit s typem obráběného materiálu a s řeznými podmínkami.

6.7.3 Tepelná stabilita

Povlak se vytváří za intenzivního iontového bombardování a je termodynamicky nestabilní. Při zvýšení teploty vlivem obrábění může docházet ke změně vnitřní struktury, např. nárůstem krystalitů, přechodem k jinému krystalickému uspořádání, změnou vnitřního napětí apod. Tyto charakteristiky, které se navenek projevují změnou mechanických vlastností, se vyhodnocují spolehlivě pomocí TEM (transmisní elektronová mikroskopie) či XRD (rentgenová difrakce).[29]

TEM umožňuje zobrazit mikrostrukturu uvnitř materiálu řádově od několika mikrometrů až po atomové rozlišení. TEM je obdobou světelného mikroskopu. Světelný zdroj optického mikroskopu je zde nahrazen zdrojem elektronů (elektronovým dělem), skleněné čočky jsou nahrazeny čočkami elektromagnetickými a místo okuláru je zde fluorescenční stínítko. Celá dráha elektronů od elektronového děla až po stínítko musí být ve vakuu. Vakuum je zde nutné hned z několika důvodů. Prvním z nich je, že ve vzduchu by elektron byl absorbován. Druhým, neméně důležitým důvodem, jsou molekuly obsažené ve vzduchu. Ty by způsobily kontaminaci tubusu a vzorku. Výsledný obraz je pak pozorován přes okno v projekční komoře (na fluorescenčním stínítku). Dalším důležitým rozdílem mezi světelným a elektronovým mikroskopem je, že elektromagnetické čočky jsou oproti skleněným nastavitelné (změnou proudu, procházejícího cívkou, lze měnit ohniskovou vzdálenost čočky).

Transmisní elektronový mikroskop se skládá ze čtyř hlavních částí: **tubus s elektronovou optikou, vakuového systému, elektronika** (napájení čoček pro zaostřování a vychylování elektronového paprsku a zdroj vysokého napětí pro zdroj elektronů) a **softwaru**. [30]



Obr.23 Konstrukce transmisního elektronového mikroskopu[30]

7 Metodika experimentální práce

Pro experimentální práce byly vybrány dva druhy použitých vyměnitelných břitových destiček ze slinutého karbidu pro obrábění s povrchovou úpravou povlaky TiN a AlTiN. Povlaky byly nanесeny pomocí technologie PVD. Na vzorcích byly provedeny tyto zkoušky: zjištění drsnosti povlaku, zkouška fázového rozhraní a zkouška korozní odolnosti v solné mlze.

7.1 Břítové destičky s povlakem TiN

Charakteristika povlaku TiN, jedná se o dvouvrstvý systém tvořený základní vrstvou TiN s minimálním obsahem Al a povrchovou vrstvou čistou TiN. Barva zlatá. [31]

Povlaky na bázi titanu nitridu (TiN) patří vzhledem na své vyrovnané vlastnosti k nejběžnějším používaným povlakům. TiN povlak vykazuje nízkou reakci s kovovými materiály a tak zabraňuje opotřebení nástrojů zapříčiněné nalepováním. Povlak TiN je v současnosti stále jedním z nejpoužívanějších povlaků pro řezné nástroje. Vysoká chemická stabilita povlaků na bázi TiN je též vhodná pro využití v potravinářském a chemickém průmyslu. [36]

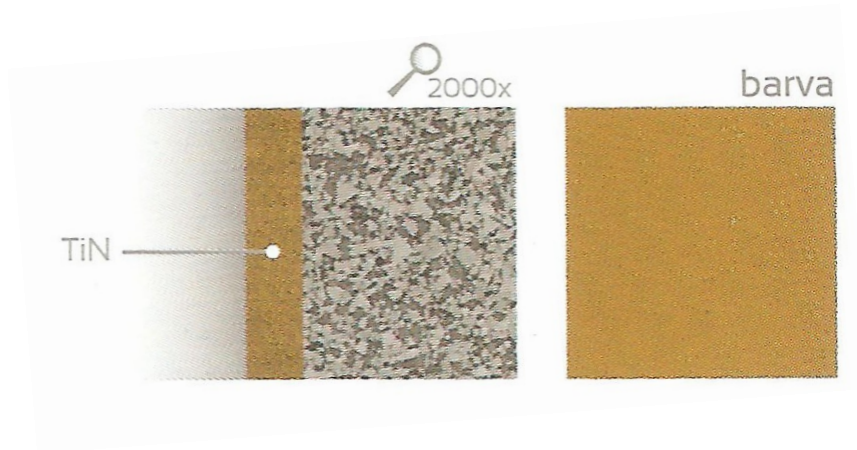
TiN - Používá se pro obrábění nízkými řeznými rychlostmi a obrábění ocelí s nízkou pevností. Je použitelný téměř ve všech aplikacích. Má výbornou odolnost vůči adhezivnímu opotřebení. Ve srovnání s nepovlakovanými nástroji vykazuje o 30 - 40% větší trvanlivost ostří. Výhodou TiN je dobrá elasticita a adheze. [37]

Tab.2 Základní vlastnosti povlaku TiN [31]

Mikrotvrdost (GPa)	Tloušťka (μm)	Drsnost Ra (μm)	Tepelná stabilita (°C)
25	2 - 3	0,10 - 0,20	~ 550

Vlastnosti povlaku: [36]

- Vysoká tvrdost
- Dobrá adheze
- Dobrá chemická stabilita
- Zvýšená houževnatost
- Koeficient tření (0,55)



Obr.24 Schématické zobrazení vrstev povlaku TiN[32]



Obr.25 Makrosnímek břitových destiček s povlakem TiN

7.2 Břitové destičky s povlakem AlTiN

Charakteristika povlaku AlTiN, zde se jedná o jednovrstvý velmi hladký povrch AlTiN s vysokým obsahem hliníku. Barva fialovo-černá. [33]

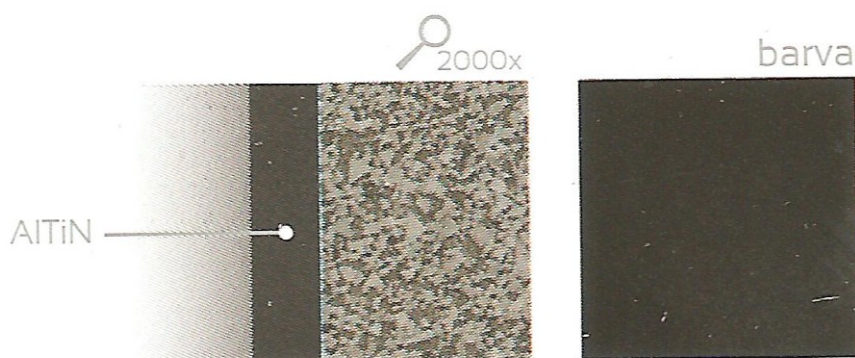
AlTiN - povlak s velmi vysokou oxidační odolností vhodný pro náročné aplikace jako je frézování vysokými řeznými rychlostmi, popřípadě frézování bez chlazení. Povlak je vhodný například pro obrábění rychlořezných ocelí, termoplastů vyztužených vlákny, tvárné litiny, ocelí vysokých pevností, případně ocelí pro kování a materiálů se sklonem k nalepování. [37]

Tab.3 Základní vlastnosti povlaku AlTiN [33]

Mikrotvrdot (GPa)	Tloušťka (μm)	Drsnost Ra (μm)	Tepelná stabilita (°C)
43	1-6	0,05 – 0,1	> 900

Vlastnosti povlaku: [37]

- Vysoká teplotní odolnost do 800 °C
- Vhodné pro vysokorychlostní a suché obrábění
- Vhodný k obrábění velmi tvrdých materiálů > 58 HRC
- Koeficient tření (0,7)



Obr.26 Schématické zobrazení vrstvy povlaku AlTiN[32]



Obr.27 Makrosnímek břitových destiček s povlakem AlTiN

7.3 Měření drsnosti povlaků TiN a AlTiN

Drsnost byla měřena na plochách referenčních vzorků břitových destiček pomocí drsnoměru Mitutoyo Surftest SJ 301. Na obou typech břitových destiček bylo naměřeno 10 hodnot parametrů drsností, které byly zapsány do tabulek a byly vypočteny průměrné hodnoty jednotlivých parametrů drsností.

Parametry nastavení přístroje $\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$, $L = 4 \text{ mm}$

λ_c – filtr profilu definující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitostí,

L – délka měřeného úseku



Obr.28 Schéma drsnoměru Mitutoyo Surftest SJ 301

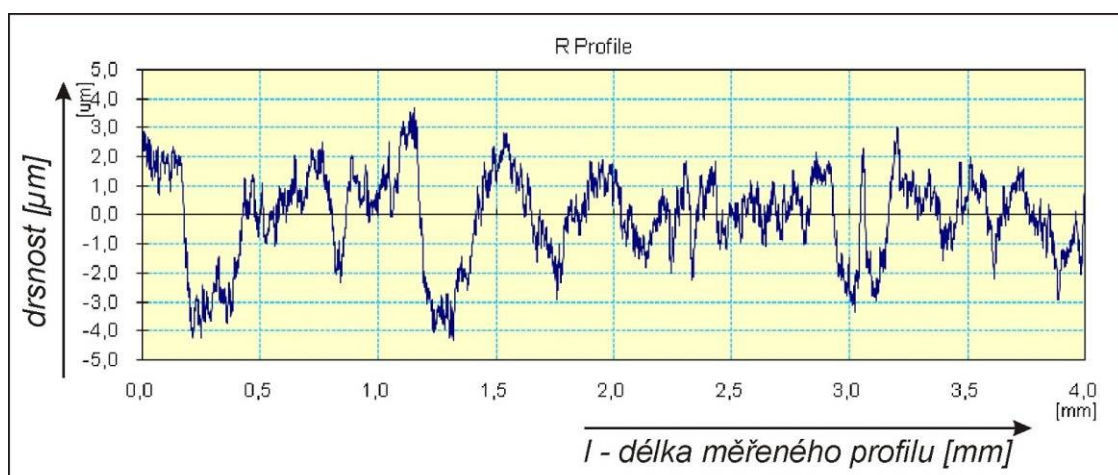


Obr.29 Vyznačení plochy a směru měření drsnosti na břitových destičkách

7.3.1 Měření drsnosti na břitové destičce s povlakem TiN

Tab.4 Naměřené hodnoty drsnosti na břitové destičce s povlakem TiN

Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	0,56	3,66	0,70	1,89	1,77	0,50	3,49	0,254
2	0,93	5,52	1,14	2,68	2,84	-0,08	2,58	0,817
3	1,00	5,97	1,24	2,79	3,18	-0,06	2,66	0,817
4	1,21	7,65	1,52	3,72	3,93	-0,25	4,26	0,817
5	0,82	5,73	1,02	3,21	2,52	0,18	3,14	0,818
6	1,12	6,73	1,38	3,02	3,71	-0,33	2,75	0,818
7	1,27	7,62	1,58	3,86	3,76	0,03	2,60	0,816
8	0,95	5,80	1,17	2,58	3,22	-0,26	2,71	0,816
9	1,31	8,40	1,63	4,05	4,35	-0,23	2,83	0,817
10	1,21	6,36	1,45	2,81	3,56	-0,47	2,37	0,816
Max. hod.	1,31	8,40	1,63	3,72	4,35	0,50	4,26	0,818
Min. hod.	0,56	3,66	0,70	1,89	1,77	-0,47	2,37	0,254
Průměrné hodnoty	1,038	6,344	1,283	3,061	3,284	-0,097	2,939	0,761

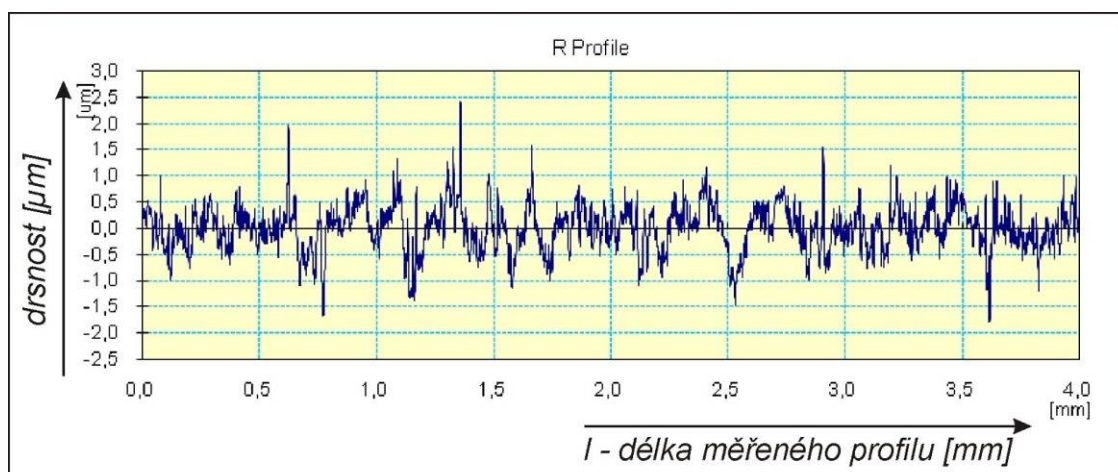


Obr.30 Graf naměřené hodnoty drsnosti na povlaku TiN

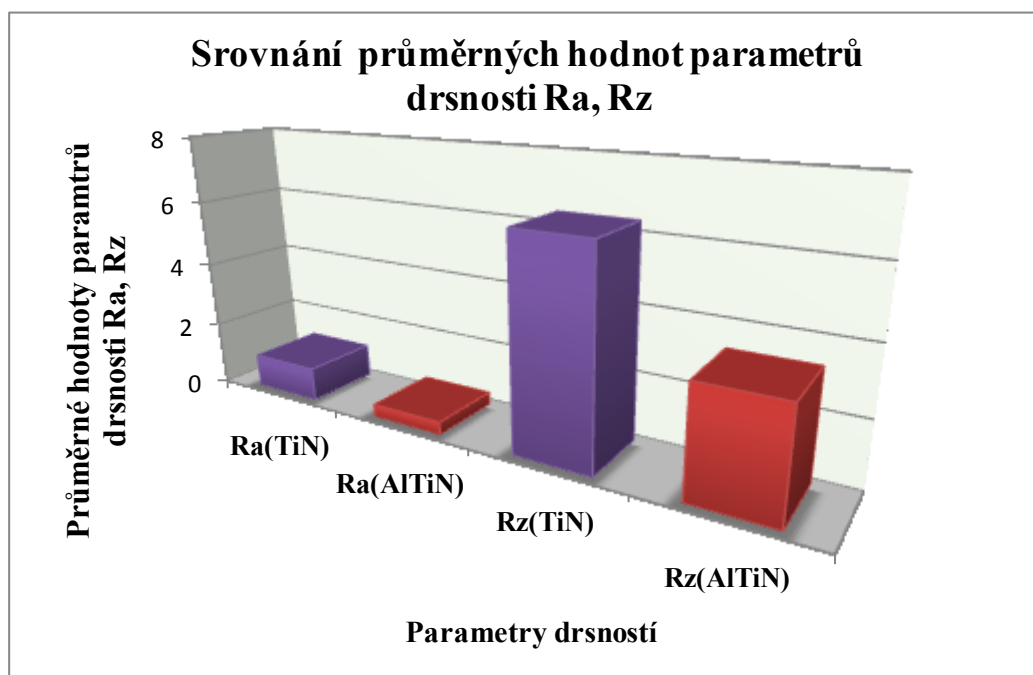
7.3.2 Měření drsnosti na břitové destičce s povlakem ALTiN

Tab.5 Naměřené hodnoty drsnosti na břitové destičce s povlakem ALTiN

Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	0,41	3,25	0,53	1,78	1,47	0,15	3,82	0,808
2	0,43	4,11	0,60	2,64	1,47	0,64	6,44	0,808
3	0,47	3,34	0,55	1,77	1,57	-0,05	4,21	0,807
4	0,39	2,86	0,48	1,35	1,50	-0,10	3,30	0,807
5	0,44	3,61	0,58	1,57	2,03	-0,62	4,35	0,808
6	0,39	3,57	0,53	2,24	1,33	0,73	6,07	0,809
7	0,40	3,62	0,53	1,87	1,75	0,05	5,63	0,808
8	0,31	2,54	0,40	1,42	1,13	0,08	3,42	0,807
9	0,37	2,65	0,46	1,22	1,43	-0,12	3,11	0,806
10	0,34	3,18	0,35	1,70	1,49	-0,15	4,02	0,808
Max.hod.	0,47	3,61	0,58	2,64	2,03	0,64	6,44	0,809
Min.hod.	0,31	2,54	0,35	1,22	1,13	-0,62	3,11	0,806
Průměrné hodnoty	0,395	3,273	0,501	1,756	1,517	0,061	4,437	0,8076



Obr.31 Graf naměřené hodnoty drsnosti na povlaku ALTiN



Obr.32 Graf s porovnáním hodnot Ra, Rz na břitových destičkách s povlakem AlTiN a TiN

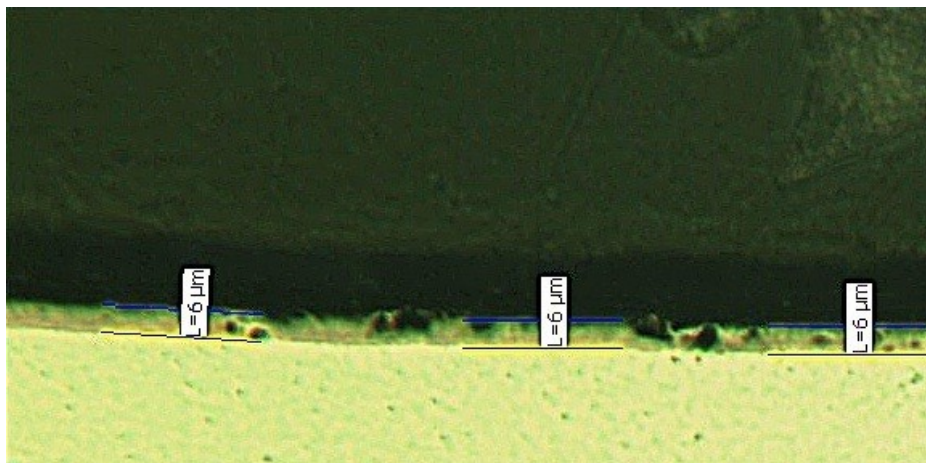
Na drsnoměru Mitutoyo Surftest SJ 301 bylo naměřeno u každé destičky 10 hodnot, které byly zapsány do tabulky a vypočítán aritmetický průměr. Průměrné hodnoty Ra a Rz byly zaneseny do grafu viz obr. 32. Z grafu vyplývá, že průměrná hodnota drsnosti Ra u povlaku TiN (1,038 μm) je vyšší než průměrná hodnota drsnosti Ra u povlaku AlTiN (0,395 μm) a obdobně průměrná hodnota drsnosti Rz u destičky s povlakem TiN (6,344 μm) je značně vyšší než u destičky s úpravou AlTiN (3,273 μm).

7.4 Zkouška fázového rozhraní

Zkouška fázové rozhraní byla provedena u obou typů vyměnitelných břitových destiček s povlakem AlTiN a TiN. Vzorky břitových destiček byly zality do kapsle do látky Dentacryl, následně byly broušeny a leštěny na brusných papírech o různé zrnitosti. Nakonec byly naleptány prostředkem Nital. Na takto připravených vzorcích bylo nafoceno fázové rozhraní základní materiál – povlak pomocí mikroskopu Neophot 21. Barevnost fotek je dána vlivem polarizace světla, při kterém byly fotky pořízeny na mikroskopu.

7.4.1 Fázové rozhraní povlaku AlTiN

Obr.33 Fázové rozhraní základní materiál – povlak břitové destičky s povlakem AlTiN (zvětšení 500x)



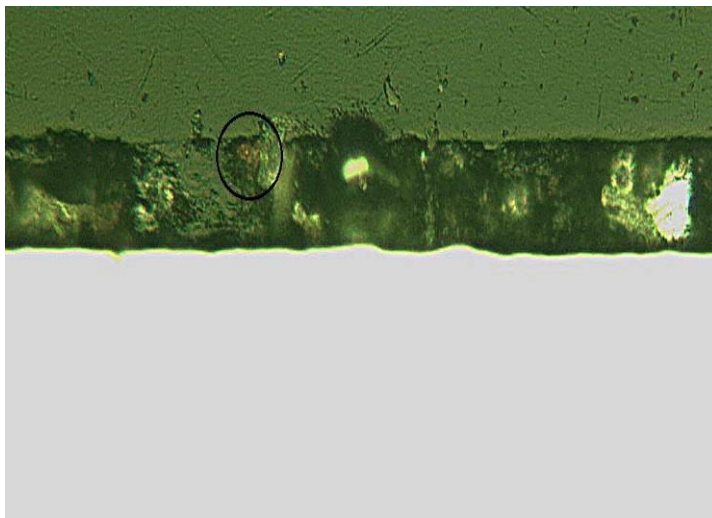
Na této fotografii lze vidět, že zkoumaný povlak je jednovrstvý a naměřená průměrná hodnota 5,6 μm je nanесena rovnoměrně. Jsou zde patrné zbytky nečistot, které mohly vzniknout při obrábění.

Na mikroskopu byly naměřeny hodnoty tloušťky vrstvy povlaku AlTiN a byla určena jejich průměrná hodnota (viz. Tab. 6).

Tab.6 Naměřené hodnoty tlouštěk vrstev povlaku AlTiN

Druh měření	Číslo měření	Hodnota [μm]
Délka	1	6
Délka	2	6
Délka	3	6
Délka	4	5
Délka	5	5
Prům. hod.	-	5,6

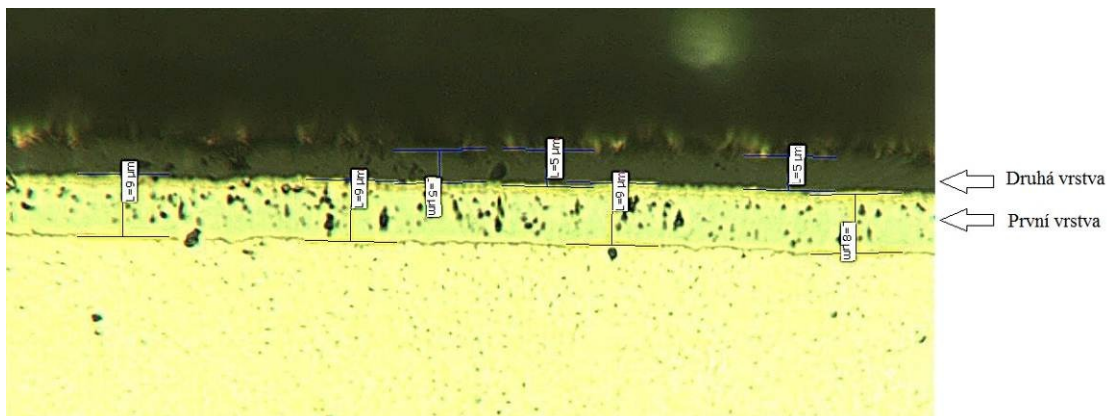
Obr.34 Fázové rozhraní základní materiál – povlak břitové destičky s povlakem $AlTiN$
(zvětšení 200x)



Tato fotka je pořízena z místa čela břitové destičky, tzn. z plochy, která obrábí, a nejsou zde vidět jednotlivé vrstvy povlaku. Lze vidět již počátky vzniku koroze, která mohla vzniknout používáním břitové destičky nebo špatnou předúpravou základního materiálu před nanášením povlaku.

7.4.2 Fázové rozhraní povlaku TiN

Obr.35 Fázové rozhraní základní materiál – povlak břitové destičky s povlakem TiN
(zvětšení 500x)

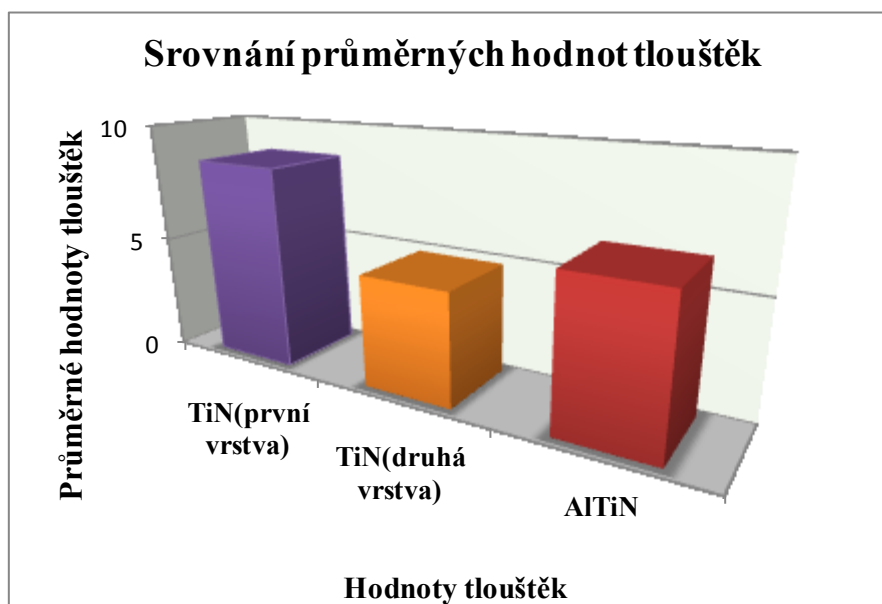


Na fotce jsou zřetelně vidět dvě vrstvy povlaku. Zbytky nečistoty mohly vzniknout při obrábění nebo vlivem prováděné zkoušky (broušení, leštění).

Na mikroskopu byly naměřeny hodnoty tlouštěk obou vrstev povlaku TiN a byla určena jejich průměrná hodnota (viz. Tab. 7).

Tab.7 Naměřené hodnoty tlouštěk vrstev povlaku TiN

Druh měření	Číslo měření	Hodnota [μm]
První vrstva		
Délka	1	9
Délka	2	9
Délka	3	9
Délka	4	8
Délka	5	8
Prům. hod.	-	8,6
Druhá vrstva		
Délka	6	5
Délka	7	5
Délka	8	4
Délka	9	5
Délka	10	5
Prům. hod.	-	4,8



Obr.36 Graf porovnávající tloušťku povlaku u břitových destiček s povlakem AlTiN, TiN

Při fázové zkoušce (fázového rozhraní) bylo zjištěno, že vyskytující se dvě vrstvy u destičky s povlakem TiN jsou v průměru větší (8,6 μm a 4,8 μm), než u destičky s jednovrstvým povlakem AlTiN (6 μm).

7.5 Chemický rozbor a struktury povrchu břitových destiček s povlaky AlTiN a TiN

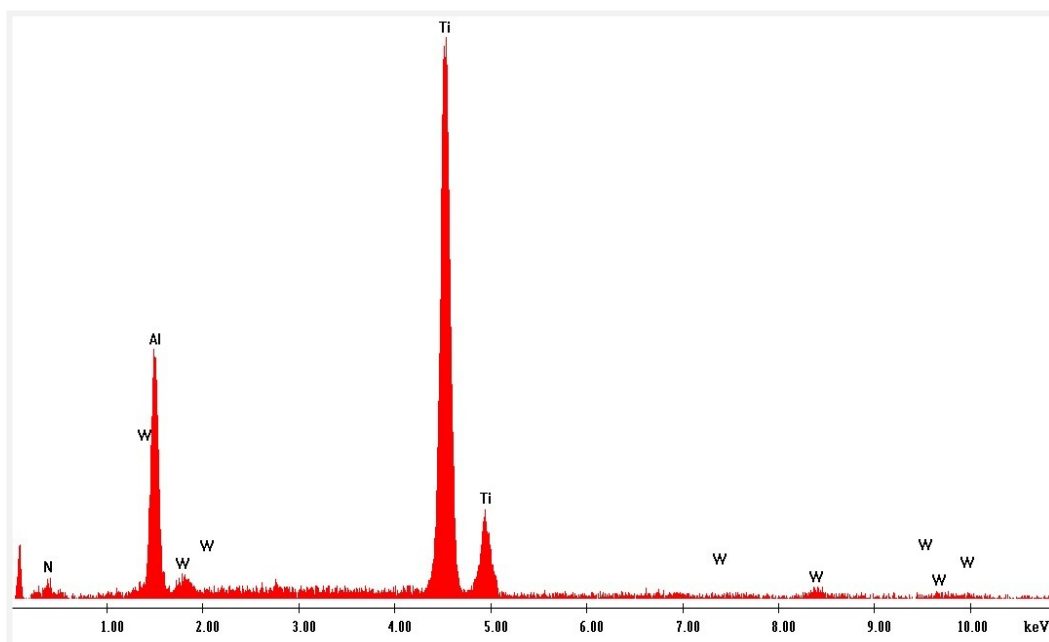
Chemický rozbor povlaků vzorků byl proveden pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM mikroskopie). Chemický rozbor byl proveden v centru nanotechnologií se sídlem na VŠB-TU Ostrava na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, fotografie byly pořízené při zvětšení 1000x 500x.

SEM analýza umožňuje provést hodnocení povrchu povlaku. Rastrovací elektronový mikroskop je založen na použití úzkého svazku elektronů emitovaných ze žhavené katody a urychlovaných v elektronové trysce tvořené systémem katoda - Wehneltův válec - anoda. Paprsek je dále zpracován elektromagnetickými čočkami a je rozmittán po povrchu pozorovaného objektu. Synchronně s tímto svazkem elektronů je rozmittán elektronový svazek paprsku v pozorovací obrazovce. Interakcí elektronového svazku s povrchem pozorovaného objektu vznikají sekundární elektrony (zároveň s fotony, odraženými elektrony, aj.). Tyto po detekci a zesílení modulují jas elektronového paprsku v pozorovací obrazovce, takže na obrazovce vznikne obraz odpovídající povrchu pozorovaného vzorku. [34]

Elektronový mikroskop (EDAX) slouží k určení chemických prvků materiálu, mikroskopické rozlišení. Elektronová mikroanalýza (EDX, Energy Dispersive X-ray spectroscopy) využívá emise rentgenového záření, které vzniká po dopadu proudu rychlých elektronů na pevný materiál a k identifikaci chemického složení materiálu. [35]

7.5.1 Chemický rozbor povlaku AlTiN

Obr.37 Chemický rozbor povlaku AlTiN



Tab.8 Hodnoty chemického rozboru povlaku AlTiN

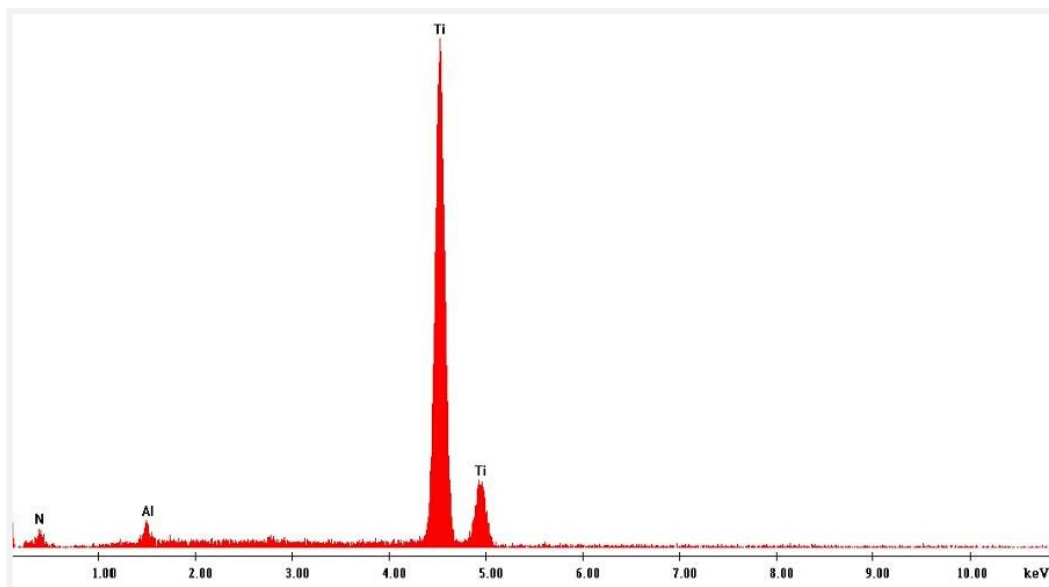
Prvky	Wt [%]
Ti	140,33
Al	44,53
W	2,97
N	0,00

Wt [%]- váhové množství

7.5.2 Chemický rozbor povlaku TiN

Chemický rozbor dvouvrstvého povlaku TiN byl pořízen z funkční plochy břitové destičky (horní vrstvy povlaku).

Obr.38 Chemický rozbor povlaku TiN



Tab.9 Hodnoty chemického rozboru povlaku TiN

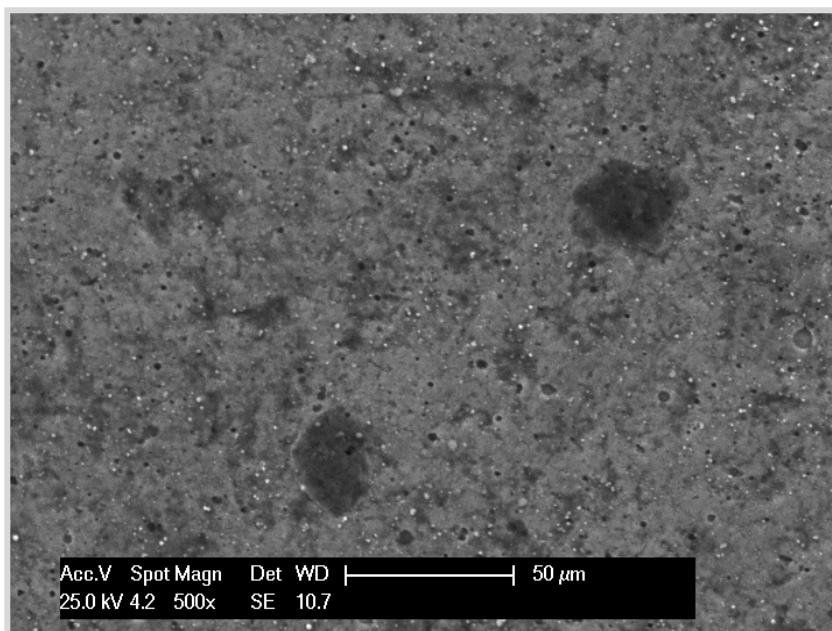
Prvky	Wt [%]
Ti	180,05
Al	5,38
N	3,54

Wt [%]- váhové množství

Při rozboru chemického složení byl použit elektronový mikroskop EDAX PHILIPS XL 30. Z dané zkoušky vyplývá, že obsah hliníku (Al) v povlaku TiN (5,38%) je značně nižší než v povlaku AlTiN (44,53%). Z chemického pohledu vyniká hliník odolností proti korozi. V obou povlacích převládá titan (Ti). Váhové množství Ti v povlaku AlTiN břitové destičky je (140,33%) a v povlaku TiN je váhové množství Ti vyšší (180,05%). Titan je poměrně tvrdý a mimořádně odolný proti korozi i ve slané vodě. V případě břitové destičky s povlakem AlTiN se v chemickém složení vyskytuje i množství wolframu (W) (2,97%). Wolfram se ve slitinách vyznačuje především svou tvrdostí a mechanickou a tepelnou odolností.

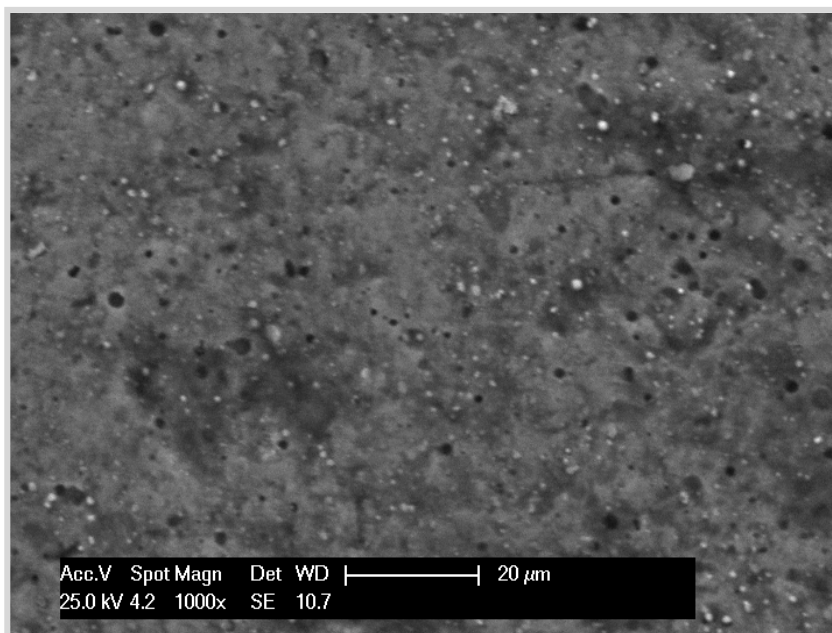
7.5.3 Struktura povrchu břitové destičky s povlakem AlTiN

Obr.40 Detail povrchu povlaku AlTiN (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 500x)



Na této fotografii je detail struktury povrchu břitové destičky s povlakem AlTiN. Na struktuře povrchu se vyskytují póry, které nejspíše vznikly vlivem technologie nanášení povlaku.

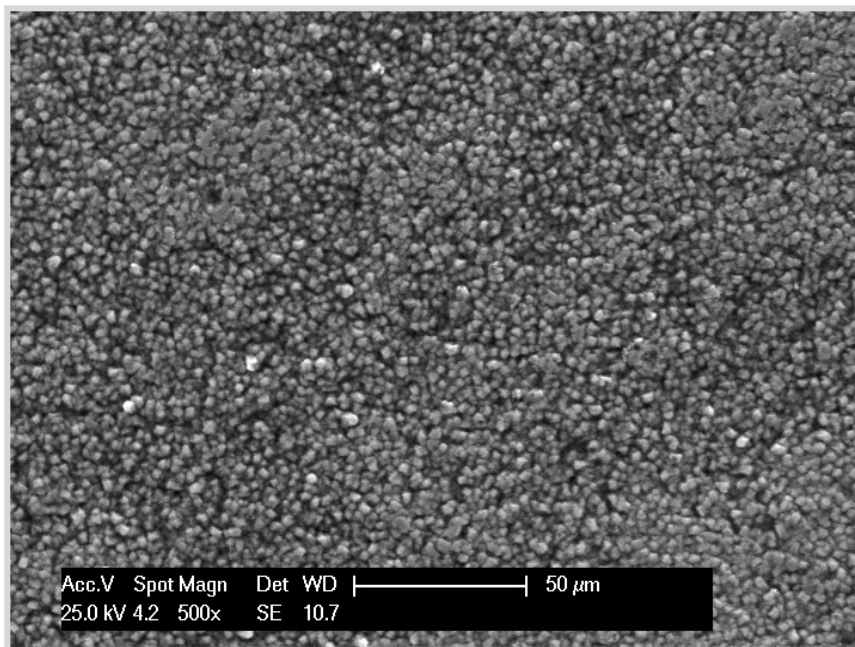
Obr.41 Detail povrchu povlaku AlTiN (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 1000x)



Na této fotografii je detailní snímek struktury povrchu břitové destičky s povlakem AlTiN. Při tomto zvětšení jsou lépe vidět póry, které se na struktuře břitové destičky s povlakem AlTiN vyskytují. Póry nejspíše vznikly při nanášení povlaku na břitovou destičku.

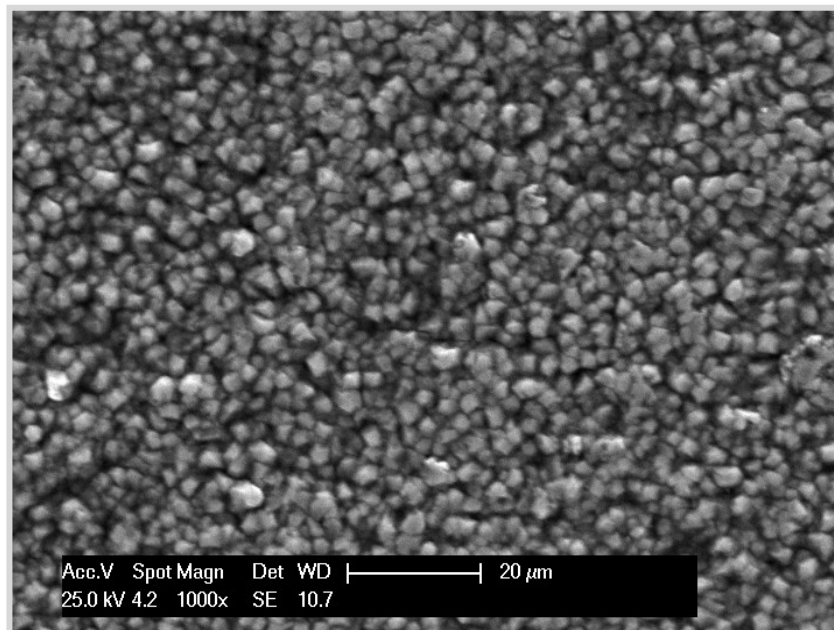
7.5.4 Struktura povrchu břitové destičky s povlakem TiN

Obr.42 Detail povrchu povlaku TiN (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 500x)



Na této fotografii lze vidět povrch břitové destičky s povlakem TiN, jehož povrch má jemnozrnnou strukturu.

Obr.43 Detail povrchu povlaku TiN (foceno na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, zvětšeno 1000x)



Na této fotografii je detailní snímek struktury povrchu břitové destičky s povlakem TiN. Při tomto zvětšení lze detailněji vidět struktura povrchu.

Struktura povrchu destiček byla provedena pomocí SEM analýzy, kterou byly vyhodnoceny struktury povrchu na vzorcích břitových destiček. Na fotografiích je vidět rozdílnost povrchů. Destička s povlakem AlTiN má celistvou strukturu než destička s povlakem TiN.

7.6 Zkouška korozní odolnosti

Zkouška korozní odolnosti byla zrealizována v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-TR, kde byly vzorky vystaveny solné mlze za zvýšené teploty. Vyhodnocení vzorků bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4628-1, ČSN EN ISO 4628-3.

Do solné komory byly vloženy celkem 2 vzorky břitových destiček s povlaky AlTiN a TiN.

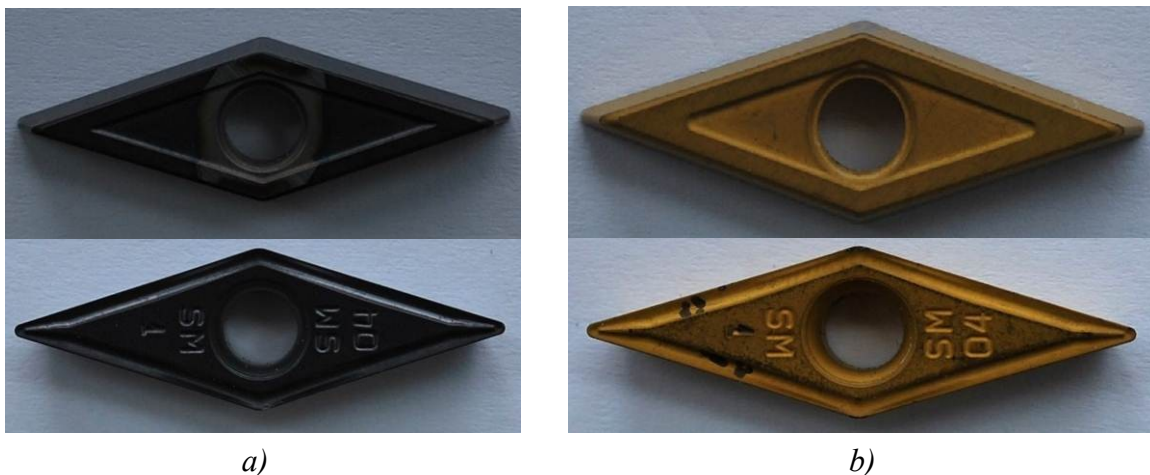
Provozní podmínky solné komory:

- Tlak vody 2,5 až 3 bar
- Tlak vzduchu 3 až 4 bar
- Průtok vody 0,45l/hod
- Teplota navlhčovače 55°C
- Teplota prostředí 35 ± 2 °C
- Vlhkost 100 %
- Solná mlha – 5 % neutrální vodní roztok NaCl

Tab.10 Návrh výpočtu korozní odolnosti

Simulovaná doba v korozní komoře	Skutečná doba
6h	cca 1 měsíc
72h	cca 1 rok
720h	cca 10 let

Na fotografiích vidíme břitové destičky, před vložením do solné komory LIEBICH S400 M-TR. Povlaky AlTiN a TiN jsou nanесeny metodou PVD. Pro uchycení břitové destičky s povlakem AlTiN byl v reaktoru PVD zařízení použit magnet, který způsobil, že na spodní straně není celistvý povlak. Při povlakování břitové destičky s povlakem TiN byl použit kužel, který byl vložen do otvoru destičky a tím nezakryl žádnou část břitové destičky a proto je povlak z obou stran celistvý.



Obr. 44 a) Břitová destička s povlakem AlTiN před vložením do korozní komory, b) Břitová destička s povlakem TiN před vložením do korozní komory

Zkouška korozní odolnosti byla provedena v solné korozní komoře LIEBICH S400 M-TR. Do solné korozní komory byly vloženy dvě břitové destičky, jedna s povlakem AlTiN a druhá s povlakem TiN. Vzorky byly vystaveny simulovaným podmínkám a vzniklé změny zaznamenány po 8, 16, 24, 48 a 72 hodinách.

7.6.1 Břitová destička s povlakem AlTiN v korozní komoře

Obr.45 Břitová destička s povlakem AlTiN v solné korozní komoře po 8 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)** a **b)** vidíme spodní a horní část břitové destičky kde v místě po upnutí došlo k narušení povlaku. Vystavení břitové destičky s tímto narušením vede k tomu, že při 8 hodinovém cyklu dojde k viditelným známkám korozního napadení. Obr. **c)** boční strana břitové destičky po 8 hodinovém cyklu nejevila žádné známky viditelného napadení korozi.

Obr.46 Břitová destička s povlakem $AlTiN$ v solné korozní komoře po 16 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)** a **b)** vidíme spodní a horní část břitové destičky po 16 hodinovém cyklu v solné komoře. Výraznější a hlubší stopy koroze než při 8 hodinovém cyklu. Obr. **c)** boční strana břitové destičky po 16 hodinovém cyklu v solné komoře začala v menší míře vznikat korozní napadení v místě hran.

Obr.47 Břitová destička s povlakem AlTiN v solné korozní komoře po 24 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)** a **b)** vidíme spodní a horní část břitové destičky po 24 hodinovém cyklu v solné komoře. Výraznější korozní narušení povlaku břitové destičky než při 8 a 16 hodinovém cyklu. Na obr. **c)** boční strana břitové destičky po 24 hodinovém cyklu v solné komoře, značná korozní napadení v místě hran.

Obr.48 Břitová destička s povlakem AlTiN v solné korozní komoře po 48 hodinách



a)



b)



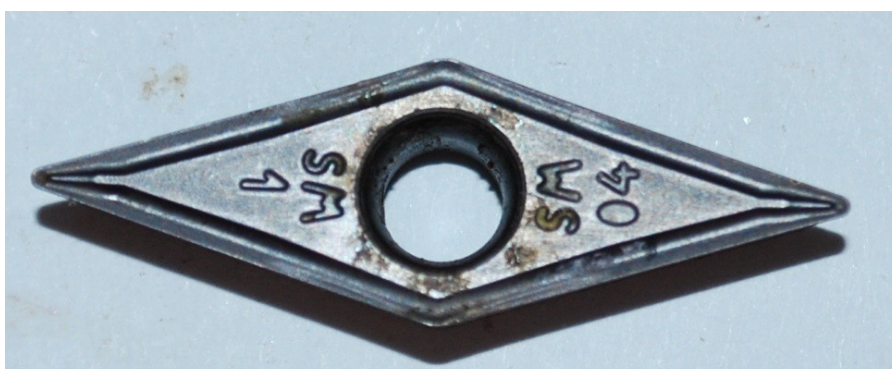
c)

Na fotografii **a)** a **b)** vidíme spodní a horní část břitové destičky po 48 hodinovém cyklu v solné komoře. Na spodní části břitové destičky je zřetelně viditelné korozní napadení. Na obr. **c)** boční strana břitové destičky po 48 hodinovém cyklu. Na hranách i bocích je zřetelně viditelná korozní napadení.

Obr.49 Břitová destička s povlakem AlTiN v solné korozní komoře po 72 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)**, **b)** a **c)** vidíme spodní, horní a boční část břitové destičky po 72 hodinovém cyklu v solné komoře. Na všech třech fotografiích vidíme zřetelné korozní napadení.

7.6.2 Břitová destička s povlakem TiN v korozní komoře

Obr.50 Břitová destička s povlakem TiN v solné korozní komoře po 8 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)**, **b)** a **c)** vidíme spodní, horní a boční část břitové destičky po 8 hodinovém cyklu v solné komoře. Povlak ještě nebyl narušen korozí.

Obr.51 Břitová destička s povlakem TiN v solné korozní komoře po 16 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)** a **b)** vidíme spodní a horní část břitové destičky po 16 hodinovém cyklu v solné komoře. Na spodní části břitové destičky jsou vidět známky začínající koroze. Na horní části břitové destičky se vyskytuje velmi slabá koroze. Obr. **c)** boční strana břitové destičky po 16 hodinovém cyklu. Na bocích je patrná začínající korozní napadení.

Obr.52 Břitová destička s povlakem TiN v solné korozní komoře po 24 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)** a **b)** vidíme spodní a horní část břitové destičky po 24 hodinovém cyklu v solné komoře. Na spodní části břitové destičky jsou vidět známky korozního napadení. Na horní části břitové destičky se vyskytuje slabá koroze. Obr. **c)** boční strana břitové destičky po 24 hodinovém cyklu, na které je vidět korozní napadení.

Obr.53 Břitová destička s povlakem TiN v solné korozní komoře po 48 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)** a **b)** vidíme spodní a horní část břitové destičky po 48 hodinovém cyklu v solné komoře se zjevným napadením koroze. Obr. **c)** boční strana břitové destičky po 48 hodinovém cyklu je již značně pokryta korozními produkty.

Obr.54 Břitová destička s povlakem TiN v solné korozní komoře po 72 hodinách



a)



b)



c)

Na fotografii **a)**, **b)** a **c)** spodní, horní a boční část břitové destičky po 72 hodinovém cyklu v solné komoře. Na fotografiích vidíme, že břitová destička je ze všech stran značně pokryta korozními produkty.

8 Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na studium vlastností povlaků vyměnitelných břitových destiček obráběcích nástrojů. Hlavním úkolem bakalářské práce bylo prostudování vlastností vyměnitelných břitových destiček s povrchovou úpravou povlaky AlTiN a TiN. Základní materiál břitových destiček je ze slinutého karbidu (SK), na který byl po úpravě nanesen povlak. Povlaky byly nanесeny pomocí technologie Physical Vapour Deposition (PVD – fyzikální metoda deponování).

V praktické části bakalářské práce byly ke zjišťování vlastností povlaků provedeny zkoušky drsnosti povlaků, fázového rozhraní, chemický rozbor povrchu a struktura povrchu břitových destiček a nakonec zkouška korozní odolnosti.

Drsnost povlaků TiN a AlTiN byla změřena pomocí drsnoměru Mitutoyo Surftest SJ 301. Na obou typech břitových destiček bylo naměřeno 10 hodnot parametrů drsností, které byly zapsány do tabulky a byly vypočteny průměrné hodnoty jednotlivých parametrů drsností. Průměrné hodnoty parametrů Ra a Rz byly zaneseny do grafu a vyhodnoceny. Ze zkoušky drsnosti vyplývá, že průměrná hodnota drsnosti Ra u povlaku TiN (1,038 μm) je vyšší než průměrná hodnota drsnosti Ra u povlaku AlTiN (0,395 μm) i průměrná hodnota drsnosti Rz břitové destičky s povlakem TiN (6,344 μm) je značně vyšší než u břitové destičky s povlakem AlTiN (3,273 μm).

Při fázové zkoušce byly provedeny fotky fázového rozhraní základní materiál (SK)-povlak při zvětšení 500x a 200x a změřeny tloušťky vrstev daných povlaků, které byly následně zaneseny do tabulky a byly vypočítány jejich aritmetické průměry. U povlaku AlTiN bylo zjištěno, že daný povlak je jednovrstvý a u povlaku TiN byly zjištěny dvě vrstvy. Průměrná tloušťka povlaku AlTiN je 5,6 μm . Průměrná tloušťka první vrstvy u povlaku TiN je 8,6 μm a průměrná tloušťka druhé vrstvy je 4,8 μm .

Chemický rozbor a struktura povrchu byla provedena pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu (SEM mikroskopie). Chemický rozbor byl proveden v centru nanotechnologií se sídlem na VŠB-TU Ostrava na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, fotografie byly pořízené při zvětšení 500x a 1000x.

Z chemického rozboru vyplývá, že obsah hliníku (Al) v povlaku TiN je značně nižší než v povlaku AlTiN. V obou povlacích převládá titan (Ti). V případě břitové destičky s povlakem AlTiN se v chemickém složení vyskytuje i malé množství wolframu (W).

Struktura povrchu u břitových destiček byla nafocena také na elektronovém mikroskopu EDAX PHILIPS XL 30, fotografie byly pořízeny při zvětšení 1000x a 500x.

Povrch u břitové destičky s povlakem AlTiN je celistvější než povlak TiN, který má jemnozrnnou strukturu.

Zkouška korozní odolnosti byla provedena v solné komoře LIEBICH S400 M-TR. Do solné korozní komory byly vloženy dvě břitové destičky s povlaky AlTiN a TiN. Vzorky byly vystaveny simulovaným podmínkám a vzniklé změny zaznamenány po 8, 16, 24, 48 a 72 hodinách. 72 hodin v solné korozní komoře odpovídá zhruba 1 roku v provozním prostředí. Břitová destička s povlakem AlTiN podléhala snadněji koroznímu napadení, protože při nanášení povlaku v PVD reaktoru byl použit magnet, na kterém byla uchycena spodní část břitové destičky a z toho důvodu toto místo nebylo povlakováno. Břitová destička s povlakem TiN díky celistvosti povlaku nepodléhala tak snadno koroznímu napadení jako břitová destička s povlakem AlTiN. Povlak TiN byl nanášen pomocí kuželu, který byl vložen do otvoru břitové destičky a z toho důvodu je povlak na obou stranách celistvý. Dá se ale říci, že v místě neporušení povlaků je napadení koroze srovnatelné, to je na bočních stranách břitových destiček.

Seznam použité literatury

- [1] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy*, 174 stran. [online] [cit. 2012-03-19]
Dostupné z WWW: <<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>
- [2] *Roltechnik* [online]. 2007 [cit. 2012-03-19]. Stránky firmy Roltechnik a.s.
Dostupné z WWW: <<http://www.roltechnik.cz>>
- [3] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2006, III. vydání. ISBN 80-248-1217-7.
- [4] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, s.r.o, 2008, ISBN 978-80-254-2250-2.
- [5] HUMÁR, A., DANG, V.H. *Trendy v povlakování slinutých karbidů*. MM Průmyslové spektrum. 2001, 7, ISSN 1212-2572.
- [6] CSELLE, T., MORSTEIN, M., JÍLEK, M., HOLUBÁŘ P. *Nová průmyslová technologie povlakování*. MM Průmyslové spektrum. 2003, 4, ISSN 1212-2572.
- [7] HOLUBÁŘ, P., JÍLEK, M., RŮŽIČKA, M. *Moderní PVD povlaky pro řezné aplikace a tváření*. MM Průmyslové spektrum. 2004, 9, ISSN 1212-2572.
- [8] CSELLE, T., CODDET, O., HOLUBÁŘ, P., JÍLEK, M., JÍLEK, J., UEMKEMANN, A., MORSTEIN, M. *Počítačová simulace růstu PVD povlaků a nová řada trojvrstvých povlaků*. MM Průmyslové spektrum. 2008, 9, ISSN 1212-2572.
- [9] HOLUBÁŘ, P., ŠÍMA, M., ZINDULKA, O. *Technologie úprav nástrojů před a po povlakování*. MM Průmyslové spektrum. 2005, 9, ISSN 1212-2572.
- [10] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1994, I. vydání. ISBN 80-7078-235-8.

- [11] METAL2012 [online]. 2012 [cit. 2012-03-10]. Stránky firmy TANGER, spol. s.r.o.
Dostupné z WWW:
<http://www.metal2012.com/files/proceedings/metal_04/papers/51.pdf>
- [12] HUMÁR, A. *Technologie I – Technologie obrábění – I. Část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT – FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění. 2003. 138 stran. [online] [cit.2012-03-10]
Dostupné z WWW:
<http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/ust/Technologie%20I/TI_TO-1cast.pdf>
- [13] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-03-10]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/files/literatura/29.pdf>>
- [14] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-03-10]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/files/literatura/31.pdf>>
- [15] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-03-10]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/files/literatura/37.pdf>>
- [16] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-04-28]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/cs/technicke-informace/charakteristika-povlaku>>
- [17] Htest [online]. 2010 [cit. 2012-04-14]. Stránky společnosti H TEST a.s.
Dostupné z WWW: <<http://www.htest.cz/index.php?produkt=374>>
- [18] Htest [online]. 2010 [cit. 2012-04-14]. Stránky společnosti H TEST a.s.
Dostupné z WWW: <<http://www.htest.cz/index.php?produkt=377>>
- [19] Ateam.zcu [online]. 2010 [cit. 2012-04-14]. Stránky firmy Ateam
Dostupné z WWW: <<http://www.ateam.zcu.cz/kalotest.html>>
- [20] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-03-20]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/files/literatura/35.pdf>>

- [21] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-04-28]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/files/literatura/37.pdf>>
- [22] vakuotechnika [online]. 2005 [cit. 2012-04-20]. Stránky firmy Vakuotechnika
Dostupné z WWW: <http://www.vakuotechnika.cz/info_vna.html>
- [23] ee.utep [online]. 2008 [cit. 2012-05-03]. Stránky University Texas
Dostupné z WWW:
<<http://wwwold.ece.utep.edu/research/webedl/cdte/Fabrication/index.htm>>
- [24] OCJ [online]. 2004 [cit. 2012-05-03]. Stránky firmy Optical Coatings Japan
Dostupné z WWW: <http://www.ocj.co.jp/english/products/coat_t/coat_t.htm>
- [25] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-04-25]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/cs/technicke-informace/mereni>>
- [26] converter [online]. 2002 [cit. 2012-04-26]. Stránky CONVERTER
Dostupné z WWW: <<http://www.converter.cz/jednotky/tvrdest-rockwell.htm>>
- [27] Ateam.zcu [online]. 2010 [cit. 2012-04-26]. Stránky firmy Ateam
Dostupné z WWW: <<http://www.ateam.zcu.cz/tribologie.html>>
- [28] fmed.uniba [online]. 2006 [cit. 2012-04-27]. Stránky University Komenského v Bratislavě. Dostupné z WWW: <<http://www.fmed.uniba.sk/index.php?id=1730>>
- [29] mmspektrum [online]. 2012 [cit. 2012-04-27]. Stránky MM průmyslové spektrum
Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/mereni-vlastnosti-povlaku-na-nastrojich.html>>
- [30] atmilab.upol [online]. [cit. 2012-04-27]. Stránky atmilab University Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <<http://atmilab.upol.cz/texty/TEM-teorie.pdf>>
- [31] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-04-28]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/cs/produkty/pvd-povlaky/marwin-tin>>

- [32] Brožura firmy SHM Průvodce 2010
- [33] SHM [online]. 2007 [cit. 2012-04-28]. Stránky firmy SHM, s.r.o.
Dostupné z WWW: <<http://shm-cz.cz/cs/produkty/pvd-povlaky/darwin>>
- [34] ft.vslib [online]. 2005 [cit. 2012-04-29]. Stránky Technická Universita v Olomouci
Dostupné z WWW: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=en/rem>>
- [35] TECHNICAL MUSEUM [online]. 2012 [cit. 2012-05-02]. Stránky Metodické Centrum Konzervace. Dostupné z WWW:
<http://mck.technicalmuseum.cz/images/stories/clanky/metodika/drobne_kovove_ozdoby.pdf>
- [36] commercservice [online] [cit. 2012-05-14]
Dostupné z WWW: <<http://www.commercservice.sk/tin.html>>
- [37] vutbr [online]. 2012 [cit. 2012-05-14] Stránky Vysoké učení technické v Brně
Dostupné z WWW:
<http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27750>
- [38] ČSN EN ISO 4287 – *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda. Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999, 22 s.
- [39] ČSN EN ISO 4288 – *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda. Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu*. Praha, Český normalizační institut, 1999, 13 s.

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucí bakalářské práce paní doc. Jitce Podjuklové za její pomoc při tvorbě této práce. Dále bych chtěla vyslovit poděkování pracovníkům ve firmě Roltechnik a.s. Červená Voda, kteří mi vždy vycházeli vstříc při poskytování informací pro vypracování bakalářské práce. Ráda bych poděkovala rodině a příteli, kteří mě po celou dobu mého studia plně podporovali. Speciální poděkování patří paní Ing. Sylvii Kopaňákové za její odborné rady a asistenci při vypracování praktické části bakalářské práce.

Veronika Budišová